ARBEITEN

AUS DEM

KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE.

(Beihefte zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.)



ACHTUNDZWANZIGSTER BAND.

ERSTES HEFT.

BERLIN.
VERLAG VON JULIUS SPRINGER.
1908.
(Ausgegeben im März 1908.)

Inhalts-Verzeichnis.

Fortsetzung auf Seite 3.

Bericht über die Ergebnisse der 2. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz (30. April bis 12. Mai 1906).

Von

Professor **Dr. R. Lauterborn.**

Während die 1. biologische Untersuchung des Oberrheins vom 2. bis 14. Oktober 1905 durch den hohen Pegelstand des Stromes sowie die Ungunst der Witterung vielfach beeinträchtigt worden war, zeigten sich bei der 2. Untersuchung vom 30. April bis 12. Mai 1906 im allgemeinen mehr normale, der Jahreszeit entsprechende Wasserverhältnisse. Ihnen ist es zu verdanken, wenn dieses Mal über Intensität und Ausdehnung einiger Abwässer (z. B. der Baseler) ein besserer Einblick gewonnen werden konnte, als dies bei den trüben Fluten des Rheines im Oktober 1905 möglich war.

I. Rheinstrecke Hüningen-Neuenburg (30. April 1906).

Bei der Kahnfahrt von Basel nach Hüningen am Morgen des 30. April 1906 ließ sich, von Kleinbasel ausgehend, im Rheine entlang des rechten Ufers ein breiter dunkler Schmutzstreifen verfolgen, der zahlreiche Abfälle (Papier, Gemüse, Blattreste usw.) mit sich führte. Der Streifen trat noch weit deutlicher in Erscheinung als im Oktober 1905. Das Wasser des hier einmündenden Wiese-Flusses war klar.

Die Verunreinigung des Rheines bei Hüningen.

Bei der Schiffbrücke Hüningen, wo der hier etwa 200 m breite Rhein mit einer Geschwindigkeit von 2,8—3 m in der Sekunde dahinströmte, betrug die Temperatur des Wassers 7,5° C., die der Luft 11,1° C. Der Pegel stand auf 2,11 m. Bei der Schiffbrücke wurde das

Biologische Profil des Rheines bei Hüningen

aufgenommen.

Rechtes Ufer. Entlang des rechten Ufers zieht sich in einer Breite von etwa 25 m — also etwa ⅛ der ganzen Strombreite! — ein dunkler Streifen trüben schmutzigen Wassers hin. Das Planktonnetz, 2 Minuten ausgeworfen, ergibt einen sehr reichen Rückstand von braungrauer Farbe. Während der etwa 2stündigen Untersuchung nahm die Intensität der Verschmutzung augenfällig zu: gegen 11 Uhr erschien das Wasser fast tintenschwarz und führte noch mehr gröbere Abfälle mit sich als am Morgen.

Der Rückstand im Planktonnetz bestand zum größten Teil aus organischem Detritus, meist aus den Abwässern von Basel stammend. Recht reichlich waren auch mineralische Beimengungen, besonders Partikel von kohlensaurem Kalk; viel spärlicher erschienen im Vergleich zu den Detritusmengen die eigentlichen Planktonorganismen, etwas reichlicher waren nur die Diatomeen vertreten.

Als Rückstände der Baseler Abwässer erwiesen sich vor allem: Mengen von Stärkezellen der Kartoffel, Reste von Gemüsen, Kaffeesatz, Fettropfen, Zellulosefasern, meist blau gefärbte Textilfasern, blaue Farbstoffflitter, Haare, durch Gallenfarbstoffe gelb gebeizte Muskelfasern.

Mitte des Stromes. Das Wasser ist ziemlich klar; der Rückstand in dem ebenfalls 2 Minuten exponierten Planktonnetz beträgt nur etwa $^2/_3$ desjenigen vom rechten Ufer; die Farbe ist gelbbraun. Reste der Abwässer sind hier seltener als am rechten Ufer.

Linkes Ufer. Das Wasser ist etwas getrübt, aber lange nicht so stark wie am rechten Ufer; die Trübung flaut gegen die Mitte des Stromes bald ab. Der Rückstand im Planktonnetz ähnelt in Quantität und Farbe demjenigen der Strommitte. Reste der Baseler Abwässer zahlreicher als in der Mitte.

Ließen sich somit im Stromprofil des Rheines bei Hüningen je nach der Entnahmestelle Verschiedenheiten in der Masse der Detritusführung erkennen, so war dies in bezug auf die Planktonorganismen nicht der Fall. Sie erschienen, soweit dies ohne Zählung zu beurteilen war, durch die ganze Breite des Profils in annähernd gleicher relativer Häufigkeit vertreten. Diese Tatsache kann nicht überraschen. Denn das Plankton des Rheins bei Hüningen stammt, wie ich schon früher zeigen konnte, aus dem Bodensee, sowie den Schweizerseen, welche durch die Aare entwässert werden, in erster Linie aus dem Züricher See. Es ist auf seinem weiten Transporte durch die reißenden Fluten so gründlich durcheinander gemengt worden, daß eine einseitige Anreicherung an einem Ufer ausgeschlossen ist, während die Abwasserreste, die nur 3 km oberhalb eingeführt wurden, in dem nur wenig gekrümmten Stromlauf noch kaum Gelegenheit hatten, sich gleichmäßig durch die ganze Breite des Profils zu verbreiten.

Aus dem eben mitgeteilten Grunde dürfte es auch gerechtfertigt erscheinen, wenn ich die Planktonorganismen gemeinsam, d. h. also nicht nach den einzelnen Profilstellen getrennt, aufführe.

Plankton des Rheins bei Hüningen.

Algen.

Cyanophyceen. Oscillatoria rubescens mehr einzeln.

Diatomeen. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
Asterionella gracillima häufig,
Fragilaria crotonensis ziemlich häufig,
Synedra delicatissima ziemlich häufig,
Melosira crenulata var. häufig,
Stephanodiscus astraea nicht selten,
Cyclotella bodanica einzeln.

Protozoen.

Heliozoen. Acanthocystis lemani sehr einzeln.
Flagellaten. Eudorina elegans ziemlich einzeln,
Dinobryon cylindricum mehr einzeln,
Dinobryon sertularia einzeln,
Dinobryon divergens einzeln,
Ceratium hirundinella einzeln,
Peridinium alatum sehr einzeln.

Rotatorien.

Synchaeta tremula einzeln,
Anuraea cochlearis einzeln,
Anuraea cochlearis var. macracantha sehr einzeln,
Notholca longispina sehr einzeln.
Notholca foliacea sehr einzeln.

Crustaceen.

Cyclops-Nauplien sehr einzeln.

Diesen eigentlichen Planktonorganismen waren Boden- und Uferformen in recht beträchtlicher Menge beigemischt; meist Pflanzen und Tiere, die normalerweise entweder an Steinen usw. festsitzen oder am Grunde zwischen Pflanzen leben und die durch die reißende Strömung losgerissen und fortgeschwemmt wurden. Dazu gehörten von Algen: Chantransia-Äste recht häufig, Cladophora glomerata häufig, oft mit Pilzfäden besetzt, Ulothrix zonata nicht selten, Zweigwirtel von Batrachospermum. Von Diatomeen: Ceratoneis arcus sehr häufig, Synedra ulna, große Gomphonema auf langen Gallertstielen. Von Protozoen besonders die Gallertschläuche der früher zu den Algen gezählten Flagellate Hydrurus foetidus, dann kleine Kolonien von Epistylis spec., Cyphoderia margaritacea, Difflugia usw. Von Rotatorien: Furcularia Reinhardti, Rotifer vulgaris, Metopidia solida, Colurus bicuspidatus. Dazu noch Nematoden und vereinzelte Chironomus-Larven.

Von eigentlichen Abwasserorganismen wurden im Plankton des Rheines bei Hüningen nur mikroskopische Räschen von Sphaerotilus natans, einzelne Schimmelpilze und Bakterien-Zoogloeen beobachtet.

Ufer.

Da es sich bei der reißenden Strömung des Rheines als kaum möglich erwies, mit dem Schleppnetz Grundproben aus der Tiefe heraufzubefördern, wurden die Boden-Untersuchungen auf die Ufer beschränkt.

Am rechten Ufer waren die Steine mit einem grauweißen Belag von kleinen etwa 1 cm hohen Sphaerotilus-Rasen bekleidet. Zwischen dem Gewirre der meist etwas inkrustierten Pilzfäden hatten sich viele Planktonorganismen verfangen (z. B. Oscillatoria rubescens, Cyclotellen, dann Melosira, Ulothrix, Synedra usw.). Bakterien waren in

Massen vorhanden. Von Tieren fanden sich — meist an der Unterseite der Steine — vor: von Schnecken Ancylus fluviatilis, von Insekten Larven von Elmis, Perla, Polycentropus, Rhyacophila, Hydropsyche, Chironomus in Gallertpolstern. Außerdem noch einzelne Hydrachniden. Von Würmern Chaetogaster und, besonders an glatten gerollten Steinen, Nephelis vulgaris mit Kokons.

Am linken Ufer in etwas stillerem Wasser gelang es, aus etwa 1,3 m Tiefe kopfgroße gerollte Steine heraufzubringen. Dieselben waren mit kleinen Räschen von Cladophora glomerata und Hydrurus foetidus bewachsen; die seltene Braunalge Lithoderma fontanum bildete kleine olivenbraune Flecken. Das Tierleben war schwach entwickelt: nur Gammarus pulex, Hydropsyche, Hydrachniden waren zu finden.

Pontons der Schiffbrücke.

Da die Pontons einige Zeit vorher gereinigt worden waren, zeigten dieselben einen nur sehr schwachen Besatz von Algen, speziell Cladophora glomerata. In den flutenden grünen Rasen derselben hatten sich, wie dies auch schon Oktober 1905 konstatiert wurde, neben Planktonorganismen auch Reste der Baseler Abwässer verfangen, so vor allem blaue Textilfasern, Zellulosefasern und kleine Räschen von Sphaerotilus. —

Nach Erledigung der Untersuchungen bei der Schiffbrücke Hüningen wurde gegen Mittag die Fahrt zu Tal fortgesetzt. An folgenden Stationen wurde der Zustand des Stromes untersucht:

2 Kilometer unterhalb Hüningen. Der Schmutzstreifen am rechten Ufer noch sehr deutlich, ziemlich intensiv, etwa 45—50 m breit. Zahlreiche treibende Blattreste, Papier usw. sowie große Rasen von Cladophora glomerata. Im Plankton ist kaum eine Verschiedenheit gegenüber Hüningen zu konstatieren; gelb gefärbte Muskelfasern noch vorhanden.

Rheinkilometer 5 (oberhalb Mündung der Kander). Plankton noch sehr reich an Abwasserresten (Stärkezellen usw.); der Rückstand im Netz von grauer Farbe. Mittags gegen 1 Uhr hat der Schmutzstreifen hier einen sehr deutlichen Geruch.

Die hier einmündende, vom Schwarzwald kommende Kander wurde ebenfalls untersucht und völlig frei von Abwasserresten befunden. Planktonorganismen fehlten, wie zu erwarten, dem Flüßchen völlig; der Rückstand im Netz bestand aus mineralischem Detritus, Holzfragmenten, losgerissenen Algen, Diatomeen usw.

Rheinkilometer 6. Plankton wie bei Kilometer 5; gelbe Muskelfasern noch nachweisbar.

Rheinkilometer 7,5. Trübung des rechten Ufers durch den Schmutzstreifen noch sehr deutlich, weniger intensiv als bei Kilometer 2, dafür aber fast bis zum linken Ufer reichend.

Rheinkilometer 11. Rückstand im Planktonnetz gelbbraun, nicht mehr grau wie weiter oben. Organischer Detritus spärlicher, mehr zerrieben wie weiter oben. Keine gelben Muskelfasern mehr gesehen, dagegen noch Stärkezellen usw.

Rheinkilometer 17 (bei Rheinweiler). Wasser des Stromes noch etwas getrübt, mit zahlreichen treibenden Blattfragmenten und Papierresten.

Rheinkilometer 23,6. Unterhalb einer ansehnlichen, mit Weidenanflug übergrünten Kiesbank im stillen Wasser gedredgt. Boden sandig-schlammig, an der Oberfläche mit ausgedehnten Diatomeenrasen mit Oscillarien durchwuchert, die durch die Sauerstoffproduktion sich in Gestalt unregelmäßiger Fetzen vielfach zum Wasserspiegel emporgehoben haben. Der Schlamm ist übelriechend und ergibt beim Sieben große Mengen von vegetabilischen Resten und besonders Zeitungspapier, das nur von den Baseler Abwässern herrühren kann. Hier hätten wir also eine Stelle, wo sich zum ersten Male eine Sedimentierung der Baseler Abwässer nachweisen ließ und zwar ca. 25 km unterhalb des Einlaufs der Abwässer in den Rhein. —

Von Altwässern des Stromes wurde auf dieser Strecke nur der Altrhein von Istein befahren. Das Plankton war ziemlich reichlich und bestand aus denselben Arten wie im offenen Rhein. Ausgelaugte Stärkezellen usw. beweisen, daß auch die Reste der Baseler Abwässer hier eingeschwemmt werden können und dann hier zur Sedimentierung gelangen.

Einwirkung der Baseler Abwässer auf den Rhein.

Versuchen wir aus diesen einzelnen Daten ein Gesamtbild von der Einwirkung der Baseler Abwässer auf den Strom zu gewinnen, so können wir etwa folgendes feststellen. Die Baseler Abwässer — und zwar solche der verschiedensten Art — gelangen zweifellos in recht beträchtlichen Mengen in den Rhein. Wenn dieselben bei der nur 3—4 km abwärts gelegenen Hüninger Schiffbrücke sich trotzdem biologisch am Ufer (z. B. durch üppigere Pilzwucherungen usw.) nicht so augenfällig manifestieren, als man nach ihrer Menge und Ausdehnung wohl erwarten dürfte, so liegt dies vor allem daran, daß die eingeführten Schmutzstoffe durch die mit großer Geschwindigkeit (bis 3 m in der Sekunde!) dahin eilenden Wellen des Stromes sofort verdünnt, stromab verteilt und über ein großes Gebiet hin ausgestreut werden. Daher einerseits die große Extensität, anderseits die vergleichsweise geringe Intensität der Verschmutzung. Von einer Sedimentierung kann im Talweg des Rheins bei der gewaltigen Stromgeschwindigkeit kaum die Rede sein; sie findet erst statt in den Seitenarmen, Strombuchten, sowie auch ganz besonders am unteren Ende der Kiesbänke im Stromlaufe selbst, wo immer stilleres Wasser ist, wie durch die oben mitgeteilten Beobachtungen von Kilometer 23,6 direkt nachgewiesen wurde.

II. Rheinstrecke Neuenburg-Breisach (1. Mai 1906).

Die Stromstrecke Neuenburg-Breisach enthält nirgends Abwässer von irgend welcher Bedeutung zugeführt und ist darum auch, nachdem die Baseler Abwässer aufgearbeitet sind, als rein zu bezeichnen. Das bei Neuenburg — bei Rheinkilometer 29 — gefischte Plankton enthielt kaum noch irgendwie erkennbare Reste von Abwässern, höchstens vielleicht noch einige von Papier stammende Zellulosereste und einige völlig ausgelaugte Kartoffelstärkezellen. Der organische Detritus war meist in Gestalt brauner Krümel vertreten.

Das eigentliche Plankton war auf dieser Strecke ebenso reich an Pflanzen und Tieren wie oben bei Hüningen. Unter den dem Plankton beigemengten Grundformen waren die losgerissenen Büschel und Zweige der Alge Cladophora glomerata besonders häufig. Bei dem fortschreitenden Zerfall und Absterben der im Wasser dahintreibenden Algenbruchstücke habe ich wiederholt beobachtet, daß einzelne Zellen zerbrochen und in diesem Zustande zylindrische Röhrchen von etwa 0,2—0,8 mm Länge und etwa 0,08—0,1 mm Durchmesser darstellten. In diesen, an einem Ende offenen Röhrchen sah ich mehrfach die ganze Innenwand der Zelle mit unzähligen Bakterien dicht besetzt, welche in den Resten des plasmatischen Zelleibes, sowie der verquellenden pektinhaltigen Membran einen ausgezeichneten Nährboden fanden. Ich erwähne diese kleine Beobachtung an dieser Stelle besonders darum, weil sie mir die Möglichkeit darzutun scheint, wie unter Umständen selbst empfindlichere pathogene Bakterien, welche sonst im reinen Wasser doch meist bald mehr oder weniger rasch absterben, völlig intakt und lebenskräftig auch auf größeren Strecken hin stromab verschleppt werden können. Eine derartige Bakterieninfektion abgestorbener Algenzellen beim Passieren konzentrierter Abwasserstrecken scheint mir gerade für Cladophora umsomehr im Bereich der Möglichkeit zu liegen, als diese Alge zu den häufigsten Bewohnern des strömenden Wassers gehört und ihre Bruchstücke im Rheine kaum jemals einer Planktonprobe fehlen.

Von Altwassern des Rheines wurden auf dieser Strecke die Altrheine bei Griesheim, Nambsheim und Breisach untersucht. Das Wasser derselben war sehr klar und durchsichtig und relativ recht arm an Plankton. Letzteres bestand hauptsächlich aus den Formen des strömenden Rheines, wie sie bei Hüningen aufgezählt wurden, untermischt mit Bodenformen, speziell Oscillarien, Diatomeen usw.

III. Rheinstrecke Breisach-Kehl (2. Mai 1906).

Bei der Schiffbrücke Breisach ergab sich am 2. Mai 1906 morgens 8 Uhr: Temperatur des Wassers: 8,4° C.; der Luft: 7,4° C.; Pegel: 2,43 m.

Die Pontons der Schiffbrücke bei Breisach waren dicht mit Wassermoosen (besonders Cinclidotus) bewachsen, denen kleine Räschen von Cladophora glomerata aufsaßen. Das Tierleben war recht reich entwickelt, vor allem durch Insektenlarven, wie kleine Larven von Perla, Rhyacophila, Chironomus; weiter Gammarus pulex.

Oberhalb und unterhalb der Brücke traten große Kiesbänke zutage. Da, wo das Wasser sehr seicht über das gerollte Geschiebe dahinströmte, zeigten sich an den Steinen außerordentlich üppige flutende Rasen von Cladophora glomerata.

Weiter stromab wurde zunächst untersucht:

Altrhein bei Sponeck.

In diesen mündet ein vielfach gewundener Graben, das „Blauwasser" genannt, welcher die Abwässer von Alt-Breisach aufnimmt. Reste derselben konnten indessen im Altrhein Sponeck nicht mehr nachgewiesen werden, was nicht weiter wundernehmen darf, da der Zufuhrgraben über 10 km lang und reich an Wasserpflanzen

ist. Das einzige, was zurzeit auf eine Einwirkung der Abwässer im Altrheine hindeuten könnte, ist die sehr üppige Vegetation höherer Wasserpflanzen, welche durch die Zufuhr gelöster organischer Substanz durch die Abwässer begünstigt erscheint. Besonders reich waren die Büsche der Laichkräuter (Potamogeton lucens, crispus, fluitans, natans) vertreten, dann Elodea canadensis, Batrachium divaricatum, sowie braune Diatomeen- und Oscillarien-Rasen am Boden. Die Tierwelt war relativ spärlich: Larven von Sialis lutaria, dann die Schnecke Valvata piscinalis, Corisa, Gammarus pulex, alle am Boden und zwischen den Pflanzen. Das Plankton war sehr ärmlich. —

Bei Rheinkilometer 74—76 — also in der Gegend von Wyhl — gelang es mit Hilfe des Schleppnetzes einen Einblick in die Beschaffenheit der Stromsohle zu gewinnen. Der Boden war hier in 2—7 m Tiefe mit faust- bis kopfgroßem gerollten Geschiebe bedeckt. Von Algen hatten sich an der glatten Oberfläche der Steine kleine Räschen von Cladophora glomerata angesiedelt sowie goldbraune, mehr fadenförmig ausgebildete Kolonien von Hydrurus foetidus. Die Tierwelt war durch Larven von Oligoneuria rhenana, einzelne Hydropsyche, Rhyacophila, dann durch Chironomidenlarven und Gammarus pulex vertreten.

Leopolds-Kanal.

Der Leopolds-Kanal ist ein künstlich geschaffener Wasserlauf, welcher als Ableitungskanal der vereinigten Elz und Dreisam dient. Sein Wasser war sehr dunkel gefärbt und setzte sich scharf von den grünen Fluten des offenen Rheines ab. Das Plankton — 500 m oberhalb der Mündung entnommen — erwies sich als sehr reich. Zunächst fanden sich zahlreiche Rheinplanktonformen (wie z. B. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides, Asterionella, Fragilaria crotonensis, Stephanodiscus astraea usw.), da oberhalb der Entnahmestelle ein Graben noch Rheinwasser zuführt. Besonders zahlreich waren die Bodenformen vertreten. So z. B. von Pilzen Flocken von Cladothrix dichotoma; von Algen Cladophora (meist abgestorben), Ulothrix zonata (meist mit Bakterien besetzt), Stigeoclonium, Closterium acerosum, Diatomeen; von Protozoen Arcella vulgaris, Cyphoderia margaritacea, Difflugia, Acanthocystis turfacea; von Rädertieren Rotifer vulgaris, Euchlanis triquetra, Diaschiza semiaperta, Colurus bicuspidatus, Metopidia solida, Notholca labis usw. Daneben sehr reichlich organischer Detritus von bräunlicher Farbe, Zellulosefasern usw., so daß es nicht wundernimmt, wenn dem Kanalwasser besonders gute Düngungskraft zugeschrieben wird.

Der Leopolds-Kanal ist sehr reich an Fischen, welche in den außerordentlich üppigen Büschen des flutenden Hahnenfußes (Batrachium fluitans) treffliche Unterstände und Weidegründe finden. Die Batrachiumbestände werden alljährlich gemäht, und das Kraut als milchgebendes Viehfutter verwendet; die abgeschnittenen Stengel treiben dann auch zahlreich den Rhein hinunter und sind noch bei Mannheim-Ludwigshafen vielfach angetrieben zu finden. —

Weiter abwärts wurde noch in den Altrhein eingefahren, welcher das Wasser der sog. „alten Elz“ aufnimmt. Auch deren Wasser ist dunkler als dasjenige des Rheinstromes, dabei völlig klar und recht arm an Plankton; etwas häufiger waren

nur die Bodenformen wie Oscillarien und einige Diatomeen (Melosira varians, Cymbella lanceolata usw.).

Bei Kilometer 98,7 fanden sich im stillen Wasser unterhalb einer ansehnlichen Kiesbank wieder die schon oben geschilderten Ablagerungen des sedimentierten zähen Rheinschlickes und auf diesem die braunen Diatomeenrasen. Von letzteren hatten sich durch die lebhafte Sauerstoffproduktion der Kieselalgen (Massen von Cymbella, kleine Synedren, Naviculeen) und Grünalgen (Ulothrix) große Fetzen losgerissen, welche stromab trieben und, langsam zerfallend, ihre Organismen im freien Wasser aussäten.

Bei der Rheinbrücke Ottenheim (Kilometer 105) zeigten die Steine, welche aus 1,5—2 m Tiefe zur Oberfläche befördert wurden, reiches Leben. Von Pflanzen fanden sich an ihnen Cinclidotus, Cladophora glomerata, Chantransia und Diatoma vulgare angesiedelt. Unter den Tieren überwogen die Insektenlarven (Trichopteren wie Hydropsyche, Rhyacophila, Brachycentrus, Ephemeriden, vor allem die seltsame, seltene Larve von Prosopistoma punctifrons, Perliden, Cyphonidenlarven). Dazu kamen von Strudelwürmern noch Planaria gonocephala, von Schnecken Neritina fluviatilis mit Eikapseln.

Planktonproben wurden auf der Strecke Breisach-Kehl entnommen bei Breisach, oberhalb der Mündung des Leopoldskanales, bei Ottenheim und oberhalb Kehl. Dieselben waren alle sehr reich an mineralischem und organischem Detritus. Was die eigentlichen Planktonorganismen anbelangt, so glichen darin die einzelnen Fänge unter sich sowie dem Plankton bei Hüningen so sehr, daß ich von einer Aufzählung der einzelnen Formen wohl Abstand nehmen darf.

Auf Grund dieser Daten können wir als Gesamtergebnis aussprechen, daß die Stromstrecke Breisach-Kehl als durchaus rein zu betrachten ist; keiner der Zuflüsse führt Verunreinigungen von irgend welcher Bedeutung zu.

IV. Rheinstrecke Kehl-Maxau.

Schutterkanal bei Kehl (3. Mai 1906).

Wie im Oktober 1905 bot auch dieses Mal die Mündung des Schutterkanals das Bild einer hochgradigen Verschmutzung dar. Das Wasser erschien stark dunkel getrübt, geschöpft im Glase durchscheinend bräunlich, mit direkt sichtbaren Massen suspendierter Zellulose- und Textilfasern.

Überall im Bereiche des Schutterwassers waren die Ufersteine bedeckt mit großen knolligen Rasen eines Wasserpilzes, der sich durch sein verzweigtes Mycel und besonders durch seine gar nicht seltenen sichelförmigen Conidien (0,027—0,040 mm lang, 0,003—0,004 mm breit) als Fusarium aquaeductuum zu erkennen gab. Im Wasser erschienen die Pilzrasen graugelb, über dem Wasser mehr rötlich. Sie enthielten große Mengen von aufgefangenen Zellulosefasern sowie gefärbte Textilfasern, daneben einige leere Panzer von Diatomeen. Abwasserinfusorien fehlten hier fast völlig; auch Sphaerotilus wurde nicht gesehen.

Der ganze Boden der Mündung des Kanals war bedeckt mit mächtigen schwarzen Schlammablagerungen. Die aus denselben fortwährend aufsteigenden Gasblasen gaben

Zeugnis von der sehr ausgiebigen Methangärung der hier sedimentierten Zellulosefasern. Die Balken und Bohlen der Brücke enthielten neben mit Zellulosefasern durchsetzten Fusarium-Rasen auch einige Räschen von Sphaerotilus natans mit Abwasserorganismen, wie Paramaecium aurelia, Diplogaster und andere Nematoden.

Bei der Befahrung des Schutterkanals zeigten sich die Ufer weithin mit einem gelbgrauen Belag überkleidet, der hauptsächlich aus abgelagerten Zellulosefasern bestand; letztere bedeckten auch in dicker Schicht den Boden des Kanals, aus dem beim Einstoßen des Ruders Massen von Gasblasen aufstiegen. Wo irgendwie eine festere Unterlage wie Kieselsteine, Holz, Zweige der Uferpflanzen usw. Gelegenheit zum Festhaften bot, wucherten überall die schlüpfrigen, meist rötlich gefärbten, flutenden Rasen von Fusarium, dazwischen ansehnliche knollige Bakterien-Zoogloeen. Sphaerotilus kam hier nirgends zur Beobachtung.

Als Quelle dieser starken Verunreinigung kommen folgende bei Kehl liegende Fabriken in Betracht, die ihre Abwässer in den Schutterkanal leiten. Es sind dies in der Richtung stromauf:

I. Die chemische Fabrik Knobloch. Ihre Abwässer entströmten am 3. Mai 1906 als ziemlich dicke gelbbraune Brühe, die sofort stark alkalische Reaktion gab.

II. Eine Kunstwollefabrik, deren Abfälle das Ufer säumten. Reaktion der Abwässer neutral.

III. Eine Zellulosefabrik, welche ihre Abwässer durch zwei Dolen entläßt. Die Abwässer ergaben noch 50 m unterhalb ihrer Einmündung schwach saure Reaktion[1]).

Bis zur Mündung der Abwässerdolen der Zellulosefabrik ließen sich die Rasen von Fusarium verfolgen; oberhalb derselben war das Wasser des Schutterkanals klar und reich an submersen Wasserpflanzen, speziell Elodea canadensis. Damit ist sicher erwiesen, daß die enorme Verpilzung der Schutter in allererster Linie auf die Abwässer der Zellulosefabrik zurückzuführen ist.

Im strömenden Rhein war die Verpilzung bis zur Mündung der Kinzig wahrzunehmen. Noch ca. 200 m unterhalb der Schuttermündung waren die Ufersteine mit knolligen Fusariumrasen bedeckt. Kleinere Rasen saßen auch auf den Büschen der Wassermoose (Fontinalis antipyretica) in Gesellschaft von Sphaerotilus natans und Massen von Diatomeen, besonders Cymbella maculata, kleine Navicula-Arten, sowie eingefangenen Planktonformen wie Asterionella und Melosira crenulata.

Unterhalb der Kinzigmündung waren, jedenfalls wegen der beträchtlichen Zuführung reinen Wassers, keine Pilzrasen mehr nachzuweisen.

Kinzig.

Im Gegensatz zum Schutterkanal erwies sich die Kinzig als völlig frei von Abwasser-Organismen. Ihr Wasser war klar und erfüllt von meterlangen flutenden Büschen von Batrachium fluitans. Das Plankton, etwa 2 km oberhalb der Mündung

---

[1]) Zwischen I und II mündet noch ein Dolen von der Eisenbahn sowie ein solcher von der Pionierkaserne, deren Abwässer aber zur Zeit der Untersuchung recht unbedeutend waren.

entnommen, zeigte, wie zu erwarten, keine eigentlichen Planktonorganismen, dagegen viele Bodenformen, wie Cladothrix, Stigeoclonium, Ulothrix, Closterium acerosum, Diatomeenpanzer, besonders zahlreich Ceratoneis arcus, Meridion circulare, Colurus bicuspidatus, Chironomus-Larven. Die Menge des organischen Detritus war sehr beträchtlich. Bemerkenswert war das Vorkommen einer großen Floridee, nämlich Lemanea torulosa an Steinen am Grunde, einer Alge, die sonst nur die klaren kühlen Gebirgsbäche zu bewohnen pflegt.

V. Jll unterhalb Straßburg (4. Mai 1906).

Schon in meinem Berichte über die Ill-Untersuchung im Monat Oktober 1905 habe ich auf die sehr mangelhafte Klärung der Abwässer der Stadt Straßburg hingewiesen. Bei der diesmaligen Untersuchung, die ich gemeinsam mit dem Bakteriologen Herrn Professor Dr. Forster unternahm, lagen die Verhältnisse noch weit schlimmer: vor der Dolenmündung der Straßburger Abwässer schwammen zahlreiche Fäkalbrocken umher und trieben die Ill stromab; sie konnten hier noch 2 km unterhalb der Dolenmündung wahrgenommen werden! Im einzelnen ergab die Untersuchung der Ill am 4. Mai 1906 folgendes Bild der Verunreinigung und Selbstreinigung der Ill unterhalb Straßburg:

1. Ill oberhalb der Einmündung der Straßburger Abwässer (bei der Papiermühle). Typisches Rheinplankton, recht reichlich, durch den Kanal von Gerstheim zugeführt. Viele Bodenformen, besonders Diatomeen, Cladothrix. Organischer Detritus reichlich, meist bräunlich, krümelig. Keine besonders auffallenden Abwasserreste!

2. Mündung der Straßburger Abwässer. Wasser im höchsten Grade verunreinigt, viele treibende Fäkalbrocken, Papierreste usw. An den Holzbalken dichte Rasen von Sphaerotilus, untermischt mit enormen Mengen von Bakterien; gelb gebeizte Muskelfasern nicht selten. Von Abwasserinfusorien Colpidium colpoda, Paramaecium caudatum.

3. 300—500 m unterhalb des Straßburger Abwässerdolens. Boden des Flusses mit Kieseln bedeckt. Diese mit sehr üppigen Sphaerotilus-Rasen. Dazwischen gelbe Muskelfasern, einige Diatomeen (Synedra ulna) und Rädertiere (Rotifer vulgaris). Gröbere Fauna vertreten durch Massen von Nephelis vulgaris mit Kokons, einzelne Clepsinen, Schnecken, wie Limnaeus ovatus und L. auricularius mit Laich. Massen von Tubificiden. Gammarus fluviatilis nicht selten.

4. 2 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Kiesel am Boden immer noch sehr üppig mit Sphaerotilus bewachsen; daneben kleine Räschen von Cladophora. Nephelis massenhaft, ebenso Limnaeus mit Laich. Von Muscheln Sphaerium corneum zahlreich; von Würmern Dendrocoelum lacteum. Bei der Brücke Rupprechtsau-Bischheim beginnen die Büsche von Batrachium fluitans aufzutreten. Im Wasser viel treibende Sphaerotilus-Flocken.

5. 5—6 km unterhalb Straßburger Abwässerdolen (2 km unterhalb Bischheimer Dolen). Die Bänke von Batrachium fluitans werden zahlreicher, meist

dicht mit Sphaerotilus bewachsen; dazwischen viele Diatomeen (Diatoma vulgare sehr häufig, Synedra ulna, Navicula) und viele Oscillarien. Neben Batrachium erscheinen Büsche von Laichkräutern (Potamogeton natans und crispus); am Boden die frischgrünen jetzt noch faltigen Blätter von Nuphar luteum. Die Sohle des Flusses mit Massen von Sphaerotilus bedeckt, deren Üppigkeit wohl durch den Einfluß der Bischheimer Brauereiabwässer verstärkt wird. Grobe Fauna ähnlich wie bei 2 km.

6. 7—8 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Am Grunde Bänke von Batrachium. An diesen Sphaerotilus immer noch recht häufig, aber gegen Station 5 doch merklich zurücktretend. An Steinen, Pflanzen usw. viele Spongillen (Ephydatia fluviatilis) in dicken Krusten und Polstern; Nephelis, Limnaeus, Clepsine, Sphaerium usw. häufig.

7. Plankton beim Wanzenauer Wehr. Plankton mit großen Mengen von bräunlichem organischem Detritus, Zellulosefasern nicht selten. Stärkezellen nur sehr vereinzelt, Muskelfasern nicht beobachtet. Sehr viele treibende Flocken von Sphaerotilus; Zoogloeen von Bakterien nicht selten. Planktonorganismen wie bei Station 1.

8. 9—10 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Neben Batrachium treten einzelne Büsche von Ceratophyllum demersum auf. Fauna sehr reich: besonders zahlreich Asellus aquaticus, Gammarus fluviatilis, Limnaeus auricularius, Paludina fasciata, Sphaerium corneum, Nephelis usw.

9. 11 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Die Sphaerotilus-Rasen an Batrachium nur noch als kleine Strähne ausgebildet, gegen oben quantitativ sehr zurücktretend. Boden des Flusses von ganz gewaltigen Mengen von Asellus aquaticus, Gammarus, Nephelis, Limnaeus usw. bevölkert.

10. 12,6 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässerdolen. 1 km unterhalb der Brücke von Wanzenau. Im Plankton viele treibende mikroskopische Sphaerotilus-Flocken. Zoogloea ramigera nicht selten; gelbe Muskelfasern und Kartoffelstärkezellen einzeln; wohl von Wanzenau stammend?

Am Ufer usw. Räschen von Sphaerotilus (festsitzend) fast verschwunden. An Kieseln des Bodens die Algen Hildenbrandia rivularis und Lithoderma fontanum als rote und braune Krusten. Tierleben sehr reich; besonders zahlreich Gammarus pulex, dann Trichopterenlarven, wie Hydropsyche, Hydroptila. Von Schnecken die reineres Wasser bevorzugende Neritina fluviatilis mit Eikapseln; dann Schalen von Dreyssensia polymorpha und Unio batavus. An seichteren Stellen nahe dem Ufer braune Diatomeen- und Oscillarienrasen, von denen zahlreiche Fetzen sich loslösen und stromab treiben.

11. 14,6 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen (3 km unterhalb Wanzenau). Im Plankton Sphaerotilus-Flöckchen nicht selten; Zoogloea ramigera und gelbe Muskelfasern einzeln.

12. Strömender Rhein 4—500 m unterhalb Mündung der Ill (15 m vom Ufer). Im Plankton treibende Sphaerotilus-Flocken nicht selten, auch ausgelaugte Zellen der Kartoffel. Viele treibende braune Oscillarien- und Diatomeenwatten, aus der Ill stammend.

Zusammenfassung.

Vergleichen wir die hier niedergelegten Befunde mit denjenigen vom Oktober 1905, so ergibt sich als wichtigstes Resultat, daß die Selbstreinigung der Ill im Mai 1906 weniger zufriedenstellend war als im Oktober 1905; die Vegetation von Sphaerotilus erstreckte sich viel weiter abwärts als bei der ersten Untersuchung. Ich erblicke den Grund für diese Verhältnisse nicht so sehr in der immerhin möglichen stärkeren Konzentration der Abwässer (vergl. die Fäkalbrocken bis 2 km unterhalb der Straßburger Abwasserdolen!), sondern vor allem in dem Umstand, daß im Mai 1906 die Vegetation der Wasserpflanzen im Vergleich zu derjenigen vom Oktober 1905 noch relativ wenig entwickelt war. Schon in meinem ersten Berichte habe ich bei der Schilderung der Ill ganz besonders darauf hingewiesen, welche bedeutsame Rolle hier die Wasserpflanzen bei der Selbstreinigung des Flusses spielen, nicht nur durch ihre Sauerstoffproduktion, sondern in hervorragendem Maße auch durch ihre „Absorptionsfähigkeit", d. h. ihre Fähigkeit, mit Hilfe ihrer meist vielfach geteilten Blätter das durchströmende Wasser gewissermaßen zu filtrieren, die treibenden suspendierten Schmutzpartikel festzuhalten und der Verarbeitung durch die Kleintierwelt preiszugeben. Ist diese Anschauung richtig, so ist zu erwarten, daß zu einer Zeit, wo die Pflanzenwelt des Wassers am üppigsten ist, auch die Selbstreinigungskraft dementsprechend gesteigert sein muß. Die Probe auf dies Exempel wird demnach die Untersuchung im Hochsommer ergeben. —

Bei der Talfahrt Kehl-Maxau am 5. Mai wurde bei der Schiffbrücke bei Greflern das Plankton des Stromes untersucht. Abwasserreste konnten nicht mehr nachgewiesen werden.

Bei der Schiffbrücke Plittersdorf befand sich wieder eine große Kiesbank, an deren unterem Ende der im stilleren Wasser sedimentierte Schlick mit den charakteristischen braunen Diatomeen- und Oscillarienrasen bedeckt war. Von Diatomeen war hier besonders häufig Navicula cuspidata, Cymatopleura solea, zahlreiche Synedra und Nitzschia, Cymbella usw., von Protozoen Massen von kleinen Amöben, Paulinella chromatophora, Pamphagus mutabilis, Euglena, Anisonema grande und andere farblose Flagellaten.

Von Altwassern des Rheines wurde auf dieser Strecke der große pflanzenreiche Altrhein von Illingen (gegenüber Lauterburg) untersucht. Sein Plankton war recht spärlich, besonders an Formen des Rheines. Das gesammelte Material bestand zum größten Teil aus Bodenformen von Diatomeen, unter denen Cymatopleura solea durch besondere Häufigkeit hervorragte.

VI. Rheinstrecke Maxau-Speyer (7. Mai 1906).

Pegel des Rheins bei Maxau am Morgen des 7. Mai: 4,06 m steigend (am 5. Mai 3,79 m). Temperatur des Wassers 12,3° C.

In der Nähe von Maxau, auf dem rechten Ufer des Stromes, entleert eine Zellulosefabrik ihre Abwässer in den Rhein. Das unterhalb der durch aufquellende

braune Wolken gekennzeichneten Dolenmündung gefischte Plankton enthielt Massen von Zellulosefasern, aber noch keine Reste von Abwasserorganismen. Auch am Ufer konnte keine Pilzentwicklung nachgewiesen werden.

Die Alb bei Karlsruhe.

Das Hauptinteresse des heutigen Tages konzentrierte sich wieder auf die Alb, welche die Abwässer von Karlsruhe aufnimmt.

Die Untersuchung begann über 2 km oberhalb der Mündung des Alb-Altrheins, bei dem sog. „Jägersteig".

An dieser Stelle bot der Abfluß das Bild einer außerordentlich starken Verschmutzung dar. Das Wasser, dunkel staubartig getrübt, mit zahllosen treibenden Pilzfladen. Die letzteren enthielten neben ungeheuren Mengen von Bakterien, zahllose Sphaerotilus-Rasen, auch viele Leptomitus lacteus sowie Zoogloea ramigera; daneben Stiele von Carchesium (wohl C. Lachmanni) und Abwasserreste aller Art, wie besonders Stärkezellen der Kartoffel, aus Fäkalien stammende gelbe Muskelfasern, Papierreste, Textilfasern usw. Sphaerotilus und Leptomitus erfüllten das Wasser auch als treibende Flocken.

Am Ufer zeigten sich überall schwarze stinkende halbflüssige Schlammbänke, aus denen fortwährend Gasblasen aufstiegen. Die Oberfläche des Schlammes war weithin grün gefärbt durch Massen von Euglena viridis. Neben dieser Flagellate, welche das ärgste Schmutzwasser (Jauchegruben, Straßengräben usw.) verträgt, fanden sich noch zahlreiche andere Abwasserorganismen, wie Colpidium colpoda, Chilodon cucullulus, dann Navicula cuspidata, Synedra ulna, einzelne Oscillaria limosa, Closterium acerosum. Gelbe Muskelfasern waren auch hier nachweisbar.

Weiter stromab waren auf große Strecken hin die in das Wasser ragenden Zweige und Wurzeln der Weiden mit langen schmutzig-weißen Strähnen von Leptomitus lacteus behangen; treibende Flocken dieses Abwasserpilzes untermischt mit solchen von Sphaerotilus erfüllten das freie Wasser. Etwa 1 km unterhalb des Jägersteiges begannen neben den Pilzfladen auch solche von Oscillarien, meist schwarzgrün gefärbt; sie wurden stromab immer häufiger und bedeckten an stilleren Stellen die Oberfläche des Wassers beinahe völlig. Von Organismen fanden sich in diesen Oscillaria-Rasen:

Oscillaria limosa massenhaft,
Euglena viridis häufig,
Colpidium colpoda sehr häufig,
Spirostomum ambiguum häufig,
Paramaecium caudatum häufig,
Chilodon cucullulus häufig,
Stentor polymorphus nicht selten,
Rotifer vulgaris nicht selten.

Beim Hinabtreiben zerfallen die Fladen meist mehr oder weniger und säen dann ihre Organismen, Detritus usw. in das freie Wasser aus. So ergab das

Plankton der Alb nahe der Mündung in den Rhein

folgende Bestandteile:

Eigentliche Planktonorganismen spärlich: Fragilaria crotonensis, Dinobryon sertularia nicht selten, Synchaeta pectinata, Polyarthra platyptera, Anuraea cochlearis einzeln. Enorme Mengen von graubraunem Detritus mit sehr zahlreichen Abwasserorganismen, wie Sphaerotilus und Leptomitus, Zoogloea ramigera und eine knollige millimetergroße Zoogloea, Carchesium-Stiele, Paramaecium putrinum, Chilodon cucullulus, Nematoden usw. Von Abwasserresten viele ausgelaugte Stärkezellen, Haare, Zellulosefasern, Textil- und Wollfasern usw.

Mit dem Wasser der Alb werden die Pilz- und Oscillarienfladen auch in den strömenden Rhein getrieben. Bei der starken Strömung des Rheins und durch den Wellenschlag werden die Fladen aber bald zerteilt und aufgelöst: die letzten Pilzfladen wurden etwa 300 m unterhalb der Albmündung beobachtet, die gallertreicheren Oscillarienfladen hielten sich etwas länger.

Es war von Interesse zu beobachten, wie relativ wenig doch bei dem gegenwärtigen Pegelstande der strömende Rhein durch die Abwässer der so stark verunreinigten Alb beeinflußt wurde. Ein Teil der Abwässer wird schon in dem sich durch die Auwälder hinziehenden Altrhein aufgearbeitet, der als riesige Faulkammer wirkt. Was in den offenen Rhein gelangt, wird von der gewaltigen Wassermasse des Stromes bald so verdünnt, daß zwischen 300 m bis etwa 1 km unterhalb der Albmündung Abwasserreste ebenso wie Sphaerotilus nur noch ganz vereinzelt in den Planktonproben nachzuweisen waren.

Bei der Schiffbrücke Germersheim wurden im Plankton keine Abwasserreste und -organismen mehr gefunden.

VII. Rheinstrecke Speyer-Ludwigshafen-Mannheim (8. Mai 1906).

Wassertemperatur des Rheins bei Speyer am Morgen des 8. Mai 1906: 13,4° C.; Luft 15,6° C.; Pegel: 3,54 m steigend.

Speyerbach.

Der Speyerbach, welcher die Abwässer von Speyer aufnimmt und dem Rheine zuführt, bot auch dieses Mal dasselbe Bild einer starken Verunreinigung wie im November 1904 und Oktober 1905. Schmutziges, stark getrübtes Wasser mit vielen Sphaerotilus-Rasen. Im Plankton daneben noch Massen von organischem Detritus, viele Pflanzenreste, dann die nie fehlenden Reste der Haus- und Küchenabwässer, wie Stärkezellen, Woll- und Textilfasern, Haare, Zellulosereste; gelbe Muskelfasern beweisen, daß auch Fäkalien zugeführt werden. Abwasserorganismen waren im Plankton, abgesehen von Sphaerotilus, nur verhältnismäßig schwach vertreten in Gestalt von Infusorien, wie Paramaecium sowie einiger Nematoden.

Im strömenden Rheine setzte sich das dunkle Bachwasser anfangs scharf von den helleren graugrünen Fluten des Stromes ab, mischte sich aber sehr bald mit diesen. Schon etwa 100 m unterhalb der Speyerbachmündung waren im Plankton nahe dem Ufer nur noch kleine Räschen von Sphaerotilus und ganz vereinzelte Reste der Abwässer nachzuweisen, die oben aufgezählt wurden. Die gewaltige Wassermasse des

Stromes verdünnt und verarbeitet die im Verhältnis dazu recht unbeträchtliche Abwassermenge des Speyerbachs eben sehr rasch.

Angelhofer und Otterstädter Altrhein.

Diese beiden riesigen Planktonreservoire des Rheins, welche schon bei der Probeuntersuchung im November 1904 sowie im Oktober 1905 untersucht wurden, ergaben auch dieses Mal einen außerordentlichen Reichtum an Plankton, sowohl was die Artenzahl als auch die Individuenzahl anbelangt. Am reichlichsten war die Gattung Dinobryon vertreten, welche Flagellate die Gesamtheit der schwebenden und schwimmenden Organismen so beträchtlich überwog, daß sie das Plankton zu einem förmlichen „Dinobryon-Plankton“ stempelte.

Plankton des Angelhofer und Otterstädter Altrheins.

		Angelhof	Otterstadt
	Algen.		
Chlorophyceen.	Oscillatoria rubescens	mehr einzeln	mehr einzeln,
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides	nicht selten	nicht selten,
	Asterionella gracillima	ziemlich häufig	ziemlich häufig,
	Synedra delicatissima	häufig	häufig,
	Fragilaria crotonensis	nicht selten	nicht selten,
	Melosira tenuis var.	einzeln	häufig,
	Stephanodiscus astraea	einzeln	einzeln,
	Cyclotella Schröteri	—	einzeln,
Chlorophyceen.	Pediastrum Boryanum	einzeln	einzeln,
	Pediastrum pertusum	einzeln	einzeln.
	Protozoen.		
Flagellaten.	Eudorina elegans	einzeln	einzeln,
	Dinobryon stipitatum Dinobryon sertularia Dinobryon angulatum	massenhaft	massenhaft,
	Mallomonas acaroides	sehr einzeln	—
	Peridinium palatinum	einzeln	einzeln,
	Peridinium quadridens	einzeln	einzeln,
	Ceratium hirundinella	—	einzeln,
Infusorien.	Disematostoma Bütschlii	nicht selten	—
	Codonella lacustris	einzeln	einzeln,
	Tintinnidium fluviatile	einzeln	—
	Zoothamnium spec.	—	einzeln.
	Rotatorien.		
	Synchaeta tremula	ziemlich häufig	einzeln,
	Synchaeta grandis	nicht selten	—
	Polyarthra platyptera	ziemlich häufig	nicht selten,

	Angelhof	Otterstadt
Asplanchna priodonta	einzeln	einzeln,
Rattulus bicornis	—	sehr einzeln,
Gastroschiza flexilis	—	sehr einzeln,
Anuraea cochlearis	nicht selten	ziemlich häufig,
Anuraea aculeata	einzeln	einzeln,
Anuraeopsis hypelasma	einzeln	—
Notholca acuminata	einzeln	— .
Crustaceen.		
Bosmina cornuta	einzeln	einzeln,
Nauplien von Copepoden	einzeln	einzeln.

Aber nicht nur große Mengen von Planktonorganismen werden aus beiden Altwassern bei sinkendem Wasserstande dem Strome zugeführt, sondern auch Bewohner des Grundes. Dies geschieht namentlich im Frühjahr, wo die Diatomeen- und Oscillarienrasen, welche sich während der kälteren Jahreszeit auf dem Schlickgrund der Altwasser besonders üppig entwickelt haben, unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen durch die entbundenen Sauerstoffblasen zum Wasserspiegel emporgetragen werden. Am 8. Mai 1906 trieben solche Diatomeen und Oscillarien im Rheine unterhalb beider Altwasser. Sie enthielten zahlreiche Oscillarien (O. limosa usw.), dann Massen von Diatomeen, vor allem kleine Nitzschien und Synedren, weiter Pinnularia viridis, Navicula humilis, Cymbella cuspidata häufig, Pleurosigma attenuatum, Cymatopleura solea, Nitzschia sigmoidea; dann Amoeben, Cochliopodium bilimbosum; Macrobiotus macronyx.

Bemerkt sei noch, daß auf dieser Strecke des Rheins zahlreiche, bis meterlange Büsche von Batrachium fluitans zu Tal trieben und sich an ankernden Schiffen, Landungsbrücken öfter in größerer Zahl verfingen. Der größte Teil dieser losgerissenen Pflanzen dürfte aus dem Leopoldskanal stammen.

VIII. Rheinstrecke Ludwigshafen-Mannheim-Worms (10. Mai 1906).

Temperatur des Wassers am 10. Mai morgens: 14,4° C. Pegel: 3,41 m steigend.

Städtische Abwässer von Ludwigshafen.

Die Abwässer von Ludwigshafen, welche oberhalb der Anilinfabrik dem Rheine zugeführt werden, sind recht beträchtlich. Die schmutzigen Fluten, welche dem Dolen entquellen, sind reich mit Papierresten, Gemüse, Fett und Ölhäuten beladen; sie springen etwa 8—10 m in den Strom hinein vor und ziehen dann, langsam sich verbreiternd, als dunkles Schmutzband etwa einen halben km entlang des Ufers dahin, um dann in den farbigen Abwässern der Anilinfabrik dem Auge zu entschwinden.

100 m unterhalb des Dolens enthielt das Planktonnetz in der Nähe des Ufers massenhaft Abwasserreste, wie Stärkezellen, gefärbte Textil- und Wollfasern,

Fett, Haare, Zellulosefasern, gelbe Muskelfasern. Daneben treibende Sphaerotilus-Rasen, Schimmelpilze, Bakterien-Zoogloeen, Nematoden.

150 m unterhalb des Dolens waren die Stein- und Uferböschung dicht mit üppigen Sphaerotilus-Rasen bekleidet, auch Schimmelpilze sowie Leptomitus lacteus waren vertreten. Im Gewirre dieser Pilzfäden hatten sich zahlreiche Abwasserreste verfangen, vor allem Woll- und Textilfasern sowie mit dicken Bakterienkrusten versehene Haare. Von Abwasserinfusorien war hier besonders Trochilia palustris häufig. Daneben begannen auch schon die Algen zu erscheinen: Ulothrix subtilis bildete ziemlich große grüne Flecke. Die Diatomeen waren durch Massen von Diatoma vulgare, viele Melosira varians, Synedra ulna und Pinnularia acuta vertreten.

450 m unterhalb Dolenmündung. Ufersteine immer noch mit Rasen von Sphaerotilus, aber weit weniger üppig als 300 m weiter oben. Von Algen war hier Ulothrix zonata reichlich entwickelt, meist mit Bakterien in der Gallerthülle.

4,5 km unterhalb der Dolenmündung der städtischen Abwässer fanden sich bei der sog. „Oppauer Fähre" im Plankton nahe dem linken Ufer noch sehr vereinzelte gelbe Muskelfasern, einzelne Bakterien-Zoogloeen und etwas reichlicher Stärkezellen der Kartoffel. Diese Abwasserreste stammen höchst wahrscheinlich noch aus den Ludwigshafener Abwässern. Ich sage ausdrücklich „höchst wahrscheinlich", da von Mannheim-Ludwigshafen an immerhin mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, daß die hier im Plankton beobachteten Abwasserreste und Indikatoren für Fäkalien wie die gelben Muskelfassern zum Teil auch von den zahlreichen Schiffen stammen können.

Abwässer der Anilinfabrik Ludwigshafen.

Der breite Farbstreifen der Anilinabwässer war dieses Mal weiter stromab zu verfolgen als es bei dem hohen Wasserstand des Rheins im Oktober 1905 möglich war, nämlich weit über die große Rheinbiegung bei der Petersau hinaus. Unterhalb des letzten Einlaufes der Abwässer war auf ungefähr 800 m alles tierische Leben an den Steinen der Uferböschung ausgetilgt. Eine genauere Angabe über die Ausdehnung dieser „azoischen Zone" ließ sich dieses Mal nicht geben, da eine ganze Anzahl großer Schleppkähne nahe dem Ufer die Untersuchung unmöglich machte. Noch bei der Oppauer Fähre (3,3 km unter dem untersten Dolen der Fabrik) war das Tierleben äußert spärlich, da selbst längeres Suchen nichts ergab als einige Exemplare der sehr resistenten Schnecke Limnaeus ovatus mit Laich und ein einziges Exemplar einer Larve von Perla! Die Pilze waren durch kümmerliche inkrustierte Räschen von Sphaerotilus vertreten.

Frankenthaler Kanal.

Da kurz vor meiner Untersuchung ein mehrtägiges Hochwasser der Isenach — des Baches, welcher hauptsächlich den Kanal speist — den Kanal durchspült hatte, war es begreiflich, daß dieses Mal die oft beklagte Verunreinigung dieses Gewässers weit weniger in der Zusammensetzung der Fauna und Flora zum Ausdruck kam, als dies sonst der Fall zu sein pflegt. Das nahe der Schleuse gefischte Plankton enthielt kaum eigentliche Abwasserorganismen, wie folgende kleine Liste zeigt:

Algen.

Spirogyra spec. häufig.

Protozoen.

Synura uvella sehr häufig,
Gonium pectorale nicht selten.

Rotatorien.

Synchaeta tremula nicht selten,
Triarthra longiseta einzeln,
Polyarthra platyptera einzeln,
Euchlanis spec. einzeln,
Notholca acuminata einzeln.

Crustaceen.

Nauplien von Cyclops häufig.

Ähnliches gilt auch von den treibenden Diatomeen- und Oscillaria-Rasen, die reichlich mit Spirogyra durchwuchert erschienen. Von Diatomeen war neben Massen kleiner Naviculeen, Pleurosigma attenuatum, Synedra, Surirella ovata var. minuta besonders häufig.

Neckar bei Mannheim.

Schon die früheren Untersuchungen hatten gezeigt, daß dem Neckar kaum autochthones eigentliches Plankton zukommt. Dies bestätigte sich auch dieses Mal wieder. Bei der Friedrichsbrücke ergab ein Planktonzug kaum wirkliche freischwebende und -schwimmende Organismen, vielleicht von Eudorina elegans und Notholca striata abgesehen, die aber beide auch am Grunde, über Diatomeenrasen usw. vorkommen. Sehr zahlreich waren dagegen, genau wie früher, die Bodenformen, besonders die Diatomeen vertreten, vor allem Melosira varians, Nitzschia sigmoidea, Pinnularia acuta, Pleurosigma attenuatum und Pl. acuminatum; von Protozoen seien erwähnt Cyphoderia margaritacea, Difflugia, Stentor coeruleus; von Würmern Chaetogaster, von Rotatorien Diaschiza semiaperta, Furcularia Reinhardti, Rotifer vulgaris. Außerdem fand sich hier viel Pollen von Koniferen; Abwasserreste und -pilze wurden nicht beobachtet.

Einen ganz anderen Charakter zeigte das Plankton des Neckars etwa 300 m oberhalb seiner Mündung in den Rhein. Hier ergab sich ein recht reiches Plankton, meist aus Rheinformen bestehend, daneben aber auch aus Formen, die im offenen Strome oberhalb dieses Mal noch nicht beobachtet wurden, sovor allem die Rädertiere Brachionus pala, dann auch Triarthra longiseta, Notholca longispina; von Diatomeen Diatoma elongatum. Der Grund für die Verschiedenheit der beiden nur wenige hundert Meter voneinander entfernten Planktonfänge liegt einzig und allein darin, daß der zweite Fang unterhalb der Mündung des sog. „Verbindungskanals“ in den Neckar ausgeführt

wurde. Durch diesen Kanal strömt bei entsprechenden Pegeldifferenzen das Wasser der vom Rheine gespeisten Mannheimer Hafenanlagen in den Neckar ein und mit ihm das Plankton, das in dem durch die Abgänge der Schiffe mit organischen Stoffen angereicherten Wasser sich natürlich üppiger z. T. sogar unter Entwicklung besonders charakteristischer Formen wie z. B. Brachionus pala entwickelt.

Abwässer der Stadt Mannheim.

Die Abwässer der Stadt Mannheim werden seit 1905 auf der sog. „Friesenheimer Insel" durch ein großes Rohr auf die Sohle des Rheins entleert. Dieser Umstand erschwert eine Untersuchung der Einwirkung der Abwässer auf den Strom ganz bedeutend, da die Stromsohle dort beweglich ist, d. h. aus grobem Kies und Gerölle besteht, die durch die Stoßkraft des Wassers fortwährend weitergeschoben werden. Infolge dieser steten Bewegung und Überschüttung ist an den kleinen Kieseln eine Besiedelung mit Wasserpilzen usw. fast völlig unmöglich; es war daher auch kaum zu verwundern, wenn am 10. Mai hier das Schleppnetz jedesmal nur Kies heraufbrachte, von dem nur die größeren Stücke schwache Besätze von Sphaerotilus aufwiesen. Daß es wirklich nur die ungünstigen Verhältnisse des Substrates sind, welche im Mai 1906 eine reichlichere Ansiedelung von Abwasserpilzen unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer verhinderten, lehrte eine Untersuchung, welche ich am 23. Februar 1906 hier vorgenommen hatte. Damals waren einige große Steine und Schlacken unterhalb der Rohrmündung zu liegen gekommen. Diese waren alle mit Sphaerotilus-Rasen von einer Üppigkeit bedeckt, wie ich sie im Rheine bisher noch niemals zu Gesicht bekommen hatte: Rasen von über Fußlänge und so dicht, daß die Steine darunter fast verschwanden! 150—200 m abwärts waren am 23. Februar 1906 die Rasen noch über fingerlang; in 450 m Entfernung wurden sie spärlicher und bei etwa 1 km waren sie in der Tiefe makroskopisch kaum noch nachzuweisen.

Am 10. Mai 1906 war ich also hauptsächlich auf die Untersuchung des Planktons und des Ufers angewiesen. Hier ergab sich: 100 m unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer Plankton an der Oberfläche nur mit ziemlich spärlichen Resten der Abwässer. Bakterien-Zoogloeen, Stärkezellen, Muskelfasern.

250 m abwärts. Abwasserreste ähnlich wie bei 100 m. Von zoologischem und auch hygienischem Interesse war es, daß das hier der Oberfläche entnommene Plankton auch das sehr charakteristische Ei eines Eingeweidewurmes des Menschen, nämlich des Spulwurms Ascaris lumbricoides enthielt. Das Ei dieses Darmparasiten, 0,072 mm lang, 0,055 mm breit, ist zweifellos mit Fäkalien in den Rhein gelangt und hätte hier, geschützt durch seine derbe mit buckelförmigen Erhebungen versehene Schale, sicher viele Kilometer entwicklungsfähig den Strom hinabtreiben können.

2 km unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer. Die Steine am Ufer mit kleinen Räschen von Sphaerotilus und Cladothrix dichotoma bedeckt; daneben inkrustierte Schimmelpilze. Von Tieren kleine Kolonien von Spongillen (ohne Gemmulae), Bryozoen (Plumatella) und Schnecken wie Limnaeus ovatus mit Laich.

Bei etwa 12 km unterhalb im Plankton nahe dem rechten Ufer gefundene Stärkezellen mit Massen aufsitzender Bakterien dürften ebenfalls aus den Mannheimer Abwässern stammen, umsomehr als jene Probe auch das Rädertier Brachionus pala enthielt, das sicher aus dem Mannheimer Hafen in den Neckar und von da in den Rhein eingeschwemmt wurde. Dadurch scheint mir erwiesen, daß die Hauptmasse des Neckarwassers und wohl auch diejenige der 1,5 km unterhalb der Neckarmündung in den Rhein strömenden Mannheimer Abwässer sich bei nicht allzuhohem Pegelstande mindestens auf 14 bis 15 km — höchst wahrscheinlich aber noch weiter — nahe dem rechten Ufer des Rheins hält.

Abwässer des Waldhofes bei Mannheim.

Die Abwässer der großen Zellstoffabrik Waldhof sowie diejenigen mehrerer anderer Fabriken daselbst gelangen durch einen offenen Kanal in den Rhein, ungefähr in der Höhe des Frankenthaler Kanals (bei bad. Kilometer 261,8, etwa 3 km unterhalb der Mannheimer Abwässer). Sie sind neben denen der Anilinfabrik Ludwigshafen quantitativ die bedeutendsten, welche dem Oberrhein zugeführt werden. In Gestalt einer gelben oder braunen schäumenden Kaskade stürzen sie in den Rhein, schon von weitem an der mächtigen Schaumbildung kenntlich; über 5 km weit waren sie dieses Mal entlang des rechten Stromufers in Gestalt eines breiten braunen Farbstreifens zu verfolgen.

Die Einwirkung dieser Abwässer auf die Fauna und Flora des rechten Ufers ist sowohl nach Extensität als auch nach Intensität eine sehr tiefgehende. Über 1 km weit war am 10. Mai 1906 alles tierische Leben unterhalb der Abwassermündung völlig vernichtet; erst in dieser Entfernung ließ sich wieder ein einziges Exemplar des Egels Nephelis vulgaris und ein Exemplar des Flohkrebses Gammarus fluviatilis nachweisen; bis auf etwa 10 km Entfernung blieben beide Abwasserformen die Hauptvertreter der gröberen Fauna. Formen des reinen Wassers fehlten hier so gut wie völlig.

Im Gegensatz zu dieser Vernichtung der Tierwelt zeigten sich die Abwasserpilze in einer Üppigkeit und Ausdehnung entwickelt, die am Oberrhein ihresgleichen suchen dürfte. Von der Mündung der Abwässer an, die hier saure Reaktion zeigten, waren die Steine des rechten Ufers auf einer Strecke von 10 km mit Pilzrasen bewachsen. Anfangs herrschte Fusarium aquaeductuum vor, welches die sauren Abwässer der Zellulosefabriken besonders zu bevorzugen scheint (vergl. die Ergebnisse der Schutteruntersuchung bei Kehl). Weiter abwärts nahm Sphaerotilus natans mehr und mehr zu, doch waren beide Pilze noch 10 km abwärts nebeneinander auf demselben Steine in makroskopischen Räschen zu beobachten. Das erste kümmerliche Exemplar des Wassermooses Fontinalis trat 1,2 km unter der Abwassermündung auf; weiter oberhalb dominierten die knolligen Rasen der Pilze so gut wie völlig.

Aber nicht nur am Ufer sondern auch im freien Wasser machte sich der Einfluß der Waldhofabwässer bemerkbar. 200 m unterhalb der Abwässermündung war das Planktonnetz, nahe dem rechten Ufer exponiert, bald geradezu erfüllt mit Zellulose-

fasern; weiter abwärts kamen dazu noch zahlreiche Sphaerotilus-Flocken, die selbst 10 km abwärts noch häufig zu beobachten waren. In welchen Massen hier Sphaerotilus zu Tal treibt, zeigte eine Sandbank etwa 2 km unterhalb der Abwässermündung: Hier war der ganze Uferrand auf eine Erstreckung von mehreren 100 m geradezu bedeckt von förmlichen Bänken angetriebener Sphaerotilus-Rasen. Unter diesen Umständen ist es nicht zu verwundern, wenn im weiteren Verlauf der Untersuchung noch bei Worms und weiter stromabwärts die rechte Stromseite des Rheins mit treibenden Sphaerotilus-Flocken erfüllt gefunden wurde.

Einwirkung der Abwässer von Mannheim-Ludwigshafen auf den Rhein.

Zusammenfassung.

Fasse ich die Resultate meiner Untersuchungen am 10. Mai 1906 noch einmal in Kürze zusammen, so läßt sich über die Einwirkungen der Abwässer von Mannheim-Ludwigshafen etwa folgendes sagen:

I. Die städtischen Abwässer von Ludwigshafen äußern ihre Wirkung auf einem relativ schmalen Streifen entlang des linken Ufers, anfangs ziemlich intensiv, vermischen sich aber schon nach einer Erstreckung von etwa 0,5 km mit den farbigen Abwässern der Anilinfabrik. Ihre letzten mikroskopisch nachweisbaren Reste wurden etwa 5 km unterhalb der Einmündung gefaßt.

II. Die Abwässer der Anilinfabrik Ludwigshafen, die stärkste anorganische Verunreinigung des Oberrheins, sind für das Auge als dunkler Farbstreifen entlang des linken Ufers bis über die sog. „Petersau" hinaus, im ganzen rund 15 km, zu verfolgen; ihre verödende Wirkung auf die Tier- und Pflanzenwelt des Ufers beträgt mindestens 3—4 km, wovon fast 1 km auf die „azoische" Zone entfallen, die alles tierischen Lebens bar ist.

III. Die städtischen Abwässer von Mannheim sind in ihrer Einwirkung auf den Rhein schwer direkt zu verfolgen, da sie auf der Sohle des Stromes eingeleitet werden und am Grunde des Rheins dahintreiben. Von der gewaltigen Masse der zugeführten organischen Substanz geben unter günstigen Bedingungen (vergl. oben den Text) außerordentlich üppig entwickelte Rasen von Sphaerotilus Kunde. Die letzten mikroskopisch nachweisbaren Reste der Abwässer dürften in der Gegend von Worms gefaßt worden sein.

IV. Die Abwässer der Zellstoffabrik Waldhof bei Mannheim stellen gegenwärtig die bedeutendste Verunreinigung des Oberrheins durch vorherrschend organische Abwässer dar. Ihnen ist in erster Linie die starke Verpilzung des Rheines zuzuschreiben, welche sich von der Mündung dieser Abwässer an über Worms bei Gernsheim (und weiter) teils durch Pilzwucherungen am rechten Ufer teils durch treibende Pilzflocken vom rechten Ufer bis gegen die Strommitte hin bemerkbar macht.

IX. Rheinstrecke Worms-Oppenheim (11. Mai 1906).

Temperatur des Wassers am Morgen des 11. Mai: 14,4° C.; Pegel: 0,74 m, steigend.

Abwässer der Heylschen Lederfabrik.

Die Abwässer dieser großen Fabrik werden auf dem linken Ufer oberhalb der Rheinbrücke und des Hafens durch einen offenen Kanal dem Rheine zugeleitet. Das Wasser dieses Kanals ist von gelb-brauner Farbe, übelriechend. Der Boden ist von einer etwa einen halben Meter mächtigen Schlammschicht bedeckt, welche zum großen Teil aus Tierhaaren besteht und einen geradezu ekelerregenden Gestank verbreitet. Dieser Schlamm setzte sich, allmählich an Stärke abnehmend, noch etwa 20 m weit stromab in den offenen Rhein hinein fort, immer noch sehr reich an Haaren und vereinzelten Räschen von Sphaerotilus. Eine etwa 100 m abwärts der Abwässermündung gefischte Planktonprobe enthielt ebenfalls diese Haare, welche von nun an keiner Planktonprobe, die in der Nähe des linken Ufers entnommen wurde, mehr fehlten.

Biologisches Profil des Rheins bei Worms.

Das biologische Profil des Rheins, oberhalb der Rheinbrücke bei Worms aufgenommen, ergab folgende Resultate.

Linkes Ufer: Sichttiefe des Wassers 1 m. Wasser schwach staubartig getrübt. Im Plankton neben viel Detritus abgestorbene Cladophora, Ulothrix-Fäden, Chantransia-Zweige, Cladothrix-Räschen, ein Exemplar von Hydrurus, Kiefernpollen.

Am Ufer an den Steinen gelblich inkrustierte Cladothrix; Tierleben sehr ärmlich: eine Perlidenlarve, Chaetogaster, Colurus bicuspidatus, Nematoden.

Mitte des Stromes: Sichttiefe 90 cm. Im Wasser beginnen über 1 cm lange Sphaerotilus-Räschen zu erscheinen, die gegen das rechte Ufer zu immer zahlreicher werden. Sonst im Plankton noch: Cladothrix-Rasen, Zellulosefasern, ausgelaugte Stärkezellen, viel Detritus; Kiefernpollen wie auch rechts ziemlich reichlich.

Rechtes Ufer: Sichttiefe 80 cm. Viele treibende Sphaerotilus-Flocken. Im Plankton viele Zellulosefasern, Blattreste mit aufsitzenden Vorticellen, Oscillarien, Rädertiere wie Furcularia Reinhardti und Diaschiza semiaperta, Nematoden usw. Gelb gebeizte Muskelfasern (wohl noch von den Mannheimer Abwässern stammend?) sehr einzeln. — Am Ufer die Steine (an der Unterseite vorherrschend) mit gelblich-grauen Pilzrasen bekleidet, die mit Cladothrix die meiste Ähnlichkeit hatten. Fauna sehr arm: ein Exemplar von Nephelis vulgaris, eine Larve von Perla, einige Chironomus-Larven, Macrobiotus macronyx. — Viel Detritus.

Aus der Tiefe des Stromes förderte das Schleppnetz überall nur Kies ohne alle Vegetation und Tierleben zutage.

Im Gegensatz zu der Verschiedenheit, welche sich bezüglich der treibenden Sphaerotilus-Flocken im Profil bei Worms zwischen dem rechten und linken Ufer bemerkbar machte, war das sonstige pflanzliche und tierische Plankton durch die ganze Breite des Stromes recht gleichmäßig verteilt, abgesehen vielleicht von den spärlichen Rotatorien, welche am rechten Ufer etwas weniger selten vorzukommen schienen als in der Mitte und am linken Ufer. Es dürfte dies seinen Grund wohl

darin haben, daß wenige Kilometer oberhalb Worms am rechten Ufer der große Lampertheimer Altrhein ausmündet. Ich gebe darum die Liste der Planktonorganismen ohne Trennung der drei Profilstationen.

Planktonorganismen des Rheins oberhalb Worms.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens einzeln;
Diatomeen: Asterionella gracillima häufig,
Fragilaria crotonensis häufig,
Tabellaria fenestrata var. asterionelloides ziemlich häufig,
Synedra delicatissima nicht selten,
Synedra actinastroides sehr vereinzelt,
Melosira crenulata var. nicht selten,
Stephanodiscus astraea nicht selten,
Cyclotella Schröteri sehr einzeln;
Chlorophyceen: Scenedesmus quadricauda sehr einzeln.

Protozoen.

Flagellaten: Dinobryon stipitatum }
Dinobryon cylindricum } nicht selten
Dinobryon angulatum }
Eudorina elegans nicht selten.

Rotatorien.

Synchaeta tremula einzeln,
Polyarthra platyptera einzeln,
Anuraea cochlearis einzeln,
Anuraea aculeata einzeln,
Notholca longispina einzeln.

Crustaceen.

Nauplien von Copepoden einzeln.

Was an dem vorstehenden Profil besonders bemerkenswert erscheint, ist die deutliche Verschiedenheit beider Ufer in bezug auf Detritusführung, welche in der Differenz der Sichttiefen ihren Ausdruck findet: links 1 m, in der Mitte 90 cm, rechts 80 cm Sichttiefe. Das rechte Ufer steht eben noch unter dem Einfluß der Abwässer der Zellstoffabrik Waldhof, welche mit ihren zahllosen Zellulosefasern und treibenden Pilzflocken wohl imstande sind, das Wasser bis auf diese Entfernung hin zu trüben. Auch der Einfluß des Neckarwassers dürfte sich noch bis hierher geltend machen.

Die städtischen Abwässer von Worms.

Die Abwässer der Stadt Worms entströmen als stark getrübte, fast tintenschwarze Brühe dem Dolen und ziehen sich in einer Breite von 6—8 m entlang des linken

Ufers hin, stromabwärts unter allmählichem Verblassen mehr und mehr sich verbreiternd.

10 m unter der Einmündung der Abwässer ergab das Planktonnetz neben den obligaten Resten der Haus- und Küchenabwässer wie Stärkezellen, Bakterienzoogloeen, Schimmelpilze usw. auffallend viele gefärbte Textilfasern sowie viele von weiter oben her aus der Heylschen Fabrik stammende Tierhaare. Gelbe Muskelfasern wurden nicht gefunden.

200 m unterhalb der Einmündung der Abwässer. Steine des Ufers mit grauem Belag von Sphaerotilus; Laich von Limnaeus ovatus nicht selten.

300 m unterhalb der Einmündung der Abwässer. Laich der Schnecke Limnaeus ovatus recht reichlich, Kokons von Nephelis vulgaris nicht selten.

500 m unterhalb der Einmündung der Abwässer. Sphaerotilus beginnt nach und nach zurückzutreten, dafür treten jetzt die ersten Wassermoose auf, und zwar Fontinalis antipyretica. Unterseite der Ufersteine dicht bedeckt mit Laichmassen von Limnaeus.

Bei der Eisenbahnbrücke (ca. 1 km) sind die Steine am Ufer immer noch mit Sphaerotilus bekleidet; Fauna sehr artenarm (Limnaeus, Nephelis, ein Kokon von Dendrocoelum lacteum). Im Plankton noch viele Abwässerreste, Massen von farbigen Textilfasern, blaue Farbstoffflitter, Tierhaare, Sphaerotilus, Zoogloeen von Bakterien usw.

1,5 km unterhalb der Einmündung der Abwässer. An den Ufersteinen viele Cladothrix-Räschen, nur wenig Sphaerotilus. Anthophysa vegetans, besonders ihre braunen Stiele nicht selten. Von Abwasserorganismen noch Chilodon und Trochilia palustris. Von Würmern Chaetogaster, von Rädertieren Colurus bicuspidatus.

Soweit wir aus diesen Beobachtungen einen Schluß ziehen können, dürfen wir sagen, daß die Reste der Haus- und Küchenabwässer von Worms in einer Entfernung von etwa 2—3 km unterhalb der Einmündung der Abwässer zum großen Teil bereits aufgearbeitet sind. Anders verhält es sich mit den schwer angreifbaren Tierhaaren aus der Heylschen Fabrik sowie den recht zahlreichen farbigen, meist blauen Textil- und Wollfasern. Sie sind noch im Plankton bei Oppenheim nachzuweisen und dürften nur sehr langsam durch Sedimentierung verschwinden.

Strohstoffabrik Rheindürkheim.

Von dieser hart am Rhein gelegenen Fabrik führen drei offene Abwasserrinnen nach dem Strom. Die oberste Rinne entleert stark schäumendes und stark gelb gefärbtes Abwasser von ziemlich neutraler Reaktion; die mittlere Rinne zeigt alkalische Reaktion, die untere führt nur Kondenswasser. Die großen Schaumflocken sind gelblich, ziemlich zäh und bis über Gernsheim hinaus, ja zum Teil sogar bis Oppenheim zu verfolgen.

Die Abwässer dieser Fabrik führen dem Rheine sehr beträchtliche Mengen meist mehr oder weniger isolierter Strohzellen zu, welche sich im Plankton außerordentlich lange halten und von nun an kaum noch in einem Planktonfang meiner Untersuchungsstrecke vermißt werden.

Diese Abwässer üben auf die Fauna und Flora des Ufers nicht ganz jenen schädigenden Einfluß aus, welchen man nach ihrem Aussehen usw. vielleicht erwarten sollte. In einer Entfernung von etwa 80—100 m unterhalb des letzten Einlaufes zeigten sich die Steine des Ufers dicht mit Sphaerotilus-Räschen bedeckt; dazwischen fanden sich aber schon wieder grüne Algen (Ulothrix subtilis), Diatomeen (Diatoma vulgare, Synedra ulna), Oscillarien; von Protozoen Vorticellenkolonien; dann Nematoden.

Bei 200—300 m wurden von Tieren Nephelis vulgaris sowie Asellus aquaticus beobachtet; in 700 m Entfernung zeigten sich an den Steinen wieder Wassermoose, speziell Fontinalis antipyretica sowie Larven von Perliden. Auf der ganzen Strecke fanden sich auf und unter den Steinen graue Beläge sedimentierter Strohzellen.

In einer Entfernung von etwa 3,5 km unterhalb der Strohstoffabrik, und zwar im feinen Schlick, der sich in einem Parallelwerk abgesetzt hatte, ließen sich neben Pilzräschen, Pflanzenresten auch Mengen von Strohzellen sedimentiert nachweisen; ebenso blaue Textil- und Wollfasern, die aus den Wormser Abwässern stammten, und Haare aus der Fabrik von Heyl.

Gernsheim.

Bei Gernsheim war die Landungsbrücke der Dampfer sehr dicht und üppig mit Fontinalis antipyretica bewachsen. Die Zweige dieses Wassermooses zeigten sich wie mit einem zarten Schimmelüberzug von zahlreichen Kolonien eines Infusors: Epistylis plicatilis sowie Vorticellen überkleidet; die Stiele von Epistylis waren dicht mit Räschen von Cladothrix bedeckt. Von weiteren Tieren fanden sich noch Kolonien der Muschel Dreyssensia sowie Chironomuslarven in Gallertröhren.

Eine derart reiche Entfaltung festsitzender Tiere (Epistylis, Vorticella, Dreyssensia) an einem mehrere Meter weit in den freien Rhein vorgeschobenen Standort ist nur möglich, wenn diesen sessilen Organismen durch den Wasserstrom fortwährend reichliche Nahrung in Gestalt kleinster Lebewesen sowie fein verteilter organischer Substanz zugeführt wird. Man kann daher ohne weiteres aus der Anwesenheit üppig entfalteter Kolonien festsitzender Tiere (zu denen außer den oben genannten noch Spongillen, Bryozoen kommen) in einem Flusse direkt auf eine entsprechend ausgiebige Zufuhr suspendierter organischer Substanz schließen.

Bei Gernsheim kann es keinem Zweifel unterliegen, daß diese Nahrung sowohl aus dem Rheinplankton als auch aus den von oben her zutreibenden Pilz-Flocken usw. besteht. Die ganze rechte Stromseite bis gegen die Mitte hin zeigte treibenden Sphaerotilus; die mikroskopische Untersuchung fügte als weitere Komponenten der Wassertrübung noch Massen von Zellulosefasern, einzelne blaue Textil- und Wollfasern sowie Strohzellen hinzu. Von Planktonorganismen verdient das Vorkommen des Rädertieres Brachionus pala (mit Eiern) sowie von Hydrurus (eine Kolonie) Erwähnung.

Während bis Gernsheim die treibenden Pilzrasen zum weitaus größten Teil das rechte Stromufer bis gegen die Mitte zu erfüllten, änderte sich weiter unterhalb

dieses Bild etwas, indem nun die Pilzflocken auch gegen das linke Ufer übergriffen. Der Grund hierfür liegt in erster Linie darin, daß infolge der scharfen knieförmigen Biegung des Rheinlaufes unterhalb Gernsheim eine stärkere Durchmischung der Wassermassen des Rheins stattfindet. So war beispielsweise der Rhein in der Gegend der unteren Mündung des Stockstadt-Erfelder Altrheins in seiner ganzen Breite ziemlich stark staubartig getrübt und die Pilzrasen trieben hier auch dicht am linken Ufer. An dieser Station wurden neben zahlreichen Strohzellen auch noch Tierhaare und gefärbte Textil- und Wollfasern von Worms nachgewiesen.

Von Altwassern wurde auf dieser Strecke der große Altrhein bei Stockstadt-Erfelden untersucht. Das Plankton war sehr reich, besonders an Diatomeen, und zwar alles Arten, die bereits bei dem Profil Worms aufgezählt wurden. Von der unteren Mündung des Altrheins trieben zahlreiche Diatomeen- und Oscillarienrasen in den offenen Strom.

X. Rheinstrecke Oppenheim-Mainz (12. Mai 1906).

Pegel bei Oppenheim am 12. Mai 1906: 1,32 m, steigend.

Hafen von Oppenheim.

Der nicht sehr große Hafen von Oppenheim, an dessen oberem Ende einige Haus-Abwässer einfließen, ist außerordentlich reich an Plankton, ganz besonders an Rädertieren. Da letztere von hier aus zweifellos oft in den Rhein gelangen und stromab getrieben werden, gebe ich im folgenden die Liste der beobachteten Planktonorganismen.

Plankton des Oppenheimer Hafens.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens einzeln;

Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides ziemlich einzeln,
Asterionella gracillima einzeln,
Synedra delicatissima ziemlich häufig,
Fragilaria crotonensis nicht selten,
Melosira crenulata var. einzeln,
Melosira tenuis sehr einzeln.

Protozoen.

Flagellaten: Eudorina elegans nicht selten.

Rotatorien.

Asplanchna priodonta außerordentlich häufig, weit überwiegend; einzelne Männchen!
Synchaeta pectinata einzeln,
Triarthra longiseta sehr häufig; auch Dauereier,

Polyarthra platyptera nicht selten,
Brachionus pala nicht selten,
Brachionus angularis nicht selten,
Anuraea cochlearis typ. var. brevispina nicht selten,
Anuraea aculeata nicht selten.

Crustaceen.

Nauplien von Copepoden nicht selten.

In der Höhe von Oppenheim war der Rhein in seiner ganzen Breite staubartig getrübt und mit treibenden Pilzflocken erfüllt. Aus dem Hafen trieben auch hier Diatomeenrasen in den offenen Strom.

Die Schiffsmühlen von Ginsheim wiesen auch dieses Mal an ihren Schaufelrädern einen reichen Besatz der Alge Bangia atropurpurea auf, als deren Heimat sonst die Bäche der Bergregion gelten; doch war die Vegetation dieses Mal etwas weniger üppig als im Oktober 1905. Neben Bangia bildete Ulothrix zonata freudig grüne Flecken.

Altrhein bei Ginsheim.

Den Abschluß meiner Untersuchung bildete dieses Mal die sehr langgestreckte stille Strombucht des Rheins oberhalb Ginsheim. Das Plankton derselben war sehr reich, enthielt aber auch viel organischen Detritus.

Im einzelnen fanden sich folgende Organismen:

Plankton des Altrheins bei Ginsheim.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens ziemlich einzeln,
Chlorophyceen: Pediastrum Boryanum sehr einzeln,
Scenedesmus quadricauda sehr einzeln,
Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
Asterionella gracillima sehr häufig,
Fragilaria crotonensis häufig,
Synedra delicatissima häufig,
Synedra actinastroides einzeln,
Diatoma elongatum einzeln,
Stephanodiscus astraea ziemlich häufig,
Melosira crenulata var. nicht sehr selten,
Melosira tenuis mehr einzeln.

Protozoen.

Flagellaten: Eudorina elegans nicht selten,
Dinobryon stipitatum sehr einzeln.

Rotatorien.

Synchaeta tremula sehr einzeln,
Synchaeta pectinata sehr einzeln,
Polyarthra platyptera sehr einzeln,
Brachionus angularis sehr einzeln,
Brachionus pala sehr einzeln,
Anuraea cochlearis einzeln,
Anuraea aculeata sehr einzeln,
Notholca striata sehr einzeln,
Notholca striata var. labis sehr einzeln.

Crustaceen.

Nauplien von Copepoden sehr einzeln.

Auch im Altrhein Ginsheim fanden sich an der Oberfläche sehr zahlreiche vom Grunde aufgestiegene Diatomeen-Rasen sowie Oscillarien-Watten. Gelangen diese bei sinkendem Wasserspiegel in den Rhein und zerfallen hier bei Hinabtreiben, so ist mit Sicherheit zu erwarten, daß sie auch noch bei der Probeentnahmestation Weisenau das Wasser mit organischem Detritus, Bakterien usw. (im Vergleich zur Strommitte) beträchtlich anzureichern imstande sind!

Bericht über die Ergebnisse der zweiten am 12. Mai und vom 16. bis zum 22. Mai 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Weisenau-Mainz bis Coblenz-Niederwerth.

Von

Professor **Dr. Marsson,**

Mitglied der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Sonnabend, den 12. Mai 1906.

I. Rhein bei Weisenau, 1 km oberhalb Mainz.

Reaktion des Wassers neutral, nach Verlauf von 5 Minuten alkalisch.

Färbung schwach graugelblich; treibende Fadenpilze sind überall zu sehen.

A. Linke Flußseite: Sichttiefe 65 cm.

a) im Flusse treibendes Material (Plankton):

Das für den Mai 1906 charakteristische Plankton besteht neben sehr viel calciumkarbonathaltigem mineralischem Detritus hauptsächlich aus Tabellaria fenestrata forma asterionelloides (auch Ketten dieser Kieselalge kommen vor), Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis, Oscillatoria agardhi und Eudorina elegans; nicht so häufig sind Synedra delicatissima und var. mesoleia, Synedra ulna var. longissima und Ceratium hirundinella; mehr einzeln kommen vor Fragilaria capucina, Melosira crenulata var. tenuis und ambigua, Melosira granulata var. jonensis, Dinobryon cylindricum var. divergens, Dinobryon stipitatum und sertularia var. thyrsoides, Cyclotella comta, bodanica und meneghiniana, einzeln noch Synedra ulna var. splendens; Rotatorien sind etwas häufiger, als sie im Oktober 1905 gefunden wurden, vor allem jetzt Asplanchna priodonta, welche diesmal den Hauptbestandteil des Planktons im Oppenheimer Hafen ausmachte, ebenso Anuraea cochlearis mit Varietäten, besonders var. tecta, Anuraea aculeata, Brachionus pala und Triarthra longiseta, welche gleichfalls im Oppenheimer Hafen zur Massenentfaltung gekommen war. Von Protozoen finden sich vereinzelte Arcellen und Difflugien, saprobe Protozoen scheinen hier gänzlich zu fehlen. Von Krustazeen ist Cyclops nur selten, häufiger kommen seine Entwicklungszustände vor, einzeln ist auch Chydorus sphaericus, von Alona nur Panzer. Von mitgeschwemmten Kieselalgen kommen im Rheinplankton, auch in den weiter unterhalb gefischten Planktonproben, bei sorgfältiger Durchmusterung folgende Arten zur Beobachtung: Diatoma vulgare meist in Zickzackketten mit var. tenue, Melosira varians, Navicula

cryptocephala und radiosa, Nitzschia acicularis und palea, Rhoicosphenia curvata, Encyonema ventricosum und Cymbella lanceolatum. Diese letzteren Arten sprechen für eine oberhalb stattgehabte Verunreinigung mit organischer stickstoffhaltiger Substanz, ferner finden sich einzeln Ceratoneis arcus, Nitzschia linearis und vitrea, Meridion circulare, Microneis minutissima, Cocconeis pediculus und placentula, verschiedene Gomphonemaarten und andere potamophile Diatomaceen. Grünalgen sind wenig vertreten, doch kommen in allen Planktonfängen, wenn das Rheinwasser 5 Minuten lang durch ein großes Planktonnetz[1]) durchströmte, Pediastren vor, vorwiegend Pediastrum boryanum var. longicorne, brevicorne und genuinum, seltener granulatum, Pediastrum duplex var. clathratum und noch mehr reticulutum u. a., von Scenedesmen vorwiegend quadricauda, seltener obliquus, von Fadenalgen losgerissene und meist in Zersetzung begriffene Fäden von Cladophora glomerata, seltener von Ulothrix zonata, von Stigeoclonium und Chaetophora; von Schizophyceen neben der oben erwähnten Oscillatoria agardhi ganz einzeln Oscillatoria rubescens, auch Lyngbya limnetica sowie Bruchstücke von Osc. limosa, Oscillatoria tenuis und von Phormidiumarten, seltener konnten solche von Osc. chalybea und anguina bestimmt werden.

Alle diese Organismen sind auf der linken Rheinseite vorhanden, daneben aber auch Flöckcken von Sphaerotilus natans, von welchem Pilze makroskopisch große Flocken mit dem Rheinwasser auf der ganzen Breite des Stromes beobachtet werden konnten.

b) Flußboden: Sandiger Kies, nur wenig größere Steine, welche aber keinen schleimigen Besatz aufweisen. Dretscheinhalt azoisch.

B. Strommitte: Sichttiefe 63 cm.

a) Plankton: meist dieselben Organismen wie A, Eudorina ist noch häufiger und zwar in allen Entwicklungszuständen; gleichfalls sind hier die Anuraeen zahlreicher, einzeln kommt auch Notholca longispina vor, Furcularia gibba absterbend. Von Krustazeen findet sich hier mehr lebender Cyclops.

b) Flußboden: sandiger Kies, gleichfalls azoisch.

C. Rechte Flußseite: Sichttiefe 62 cm. Dieselben Organismen wie A, jedoch mehr Trichome von Oscillatorien, besonders von Oscillatoria limosa, auch von Phormidium; von Kieselalgen viel mehr Nitzschia acicularis als in der Mitte und auf der linken Seite, häufiger sind auch Fragilaria capucina, Rhoicosphenia curvata, Cymbella lanceolatum sowie Ceratoneis arcus; Rotatorien und Krustazeen sind dagegen seltener, hinzu kommen noch Nematoden. Zellulosefasern treiben nur vereinzelt stromabwärts, dagegen Sphaerotilus natans mehr.

b) Flußboden: Steine ohne Besatz. Dretscheinhalt azoisch.

Auf der Strecke Weisenau treibt der Rhein am 12. Mai mit Fadenpilzen (Sphaerotilus natans), welche im geschöpftes Rheinwasser enthaltenden Eimer mit bloßen Auge leicht zu erkennen sind. Ihre Menge zeigt an, daß weiter oberhalb eine über das Maß des Gemeinüblichen hinausgehende Verunreinigung mit fäulnis-

[1]) Öffnung 6,9 cm Durchmesser; in 5 Minuten strömen bei einer Geschwindigkeit des Rheins von 1 m in 1 Sekunde 3,2 cbm Wasser durch das Netz, das aus Seidengaze Nr. 20 verfertigt ist.

fähiger organischer Substanz stattgefunden hat; daß diese mehr auf der rechten Rheinseite zu suchen ist als auf der linken, darauf deutet auf der ersteren neben mehr Sphaerotilus das nicht seltene Vorkommen von Fadenwürmern und Faulalgen (gewissen Oscillatorien) sowie die häufige Nitzschia acicularis hin.

Den 16. Mai 1906.

(Wegen Teilnahme an einer am Montag, den 14. und Dienstag, den 15. Mai in Frankfurt a. M. stattfindenden Konferenz betreffend Verunreinigung des Mains konnte Berichterstatter die Rheinuntersuchung erst am Mittwoch, den 16. Mai fortsetzen).

II. Rhein bei Mainz.

Pegel 1,25 früh 6 Uhr, 1,26 mittags 12 Uhr. Temperatur 8 Uhr: Luft 13,4° C., Wasser 14,5°, Reaktion des Wassers neutral, nach Verlauf von 5 Minuten alkalisch. Wetter bewölkt.

A. Linke Flußseite, Mainzer Ufer, Anlegestelle der Schiffe: Sichttiefe 83 cm.

a) Plankton: Wieder viel mineralischer Detritus und die oben als typisch aufgeführten Planktonten, die Synedren sind etwas häufiger; einen merklichen Bestandteil des Fanges macht Eudorina elegans aus, sodaß im konservierten Plankton ein großer Teil des Bodensatzes (obere Schicht) von satt grüner Farbe ist; auch Pandorina morum ist vertreten, mehr noch Uroglena volvox, auch Synura uvella; von den Dinobryen vorzugsweise die Art divergens; auch Oscillatoria agardhi ist so häufig, daß sich aus dieser Alge in dem mit Formalin und vor Licht geschützten Plankton an der Oberfläche, getrennt von den anderen Organismen, eine flockige Schicht gebildet hatte von graugrünlichem Aussehen, nicht rötlich wie von Oscillatoria rubescens. Ferner noch einzeln Botryococcus brauni, sowie Gonium angulatum. Von Protozoen: Actinophrys sol und Ophryoglena atra Lieberk. Von Rotatorien: Asplanchna priodonta und Anuraea cochlearis bei weitem am häufigsten, letztere in verschiedenen Formen, auch forma macracantha nicht selten, forma tecta nur einzeln, Anuraea aculeata mit forma divergens, Polyarthra platyptera, Triarthra longiseta, Synchaeta pectinata und tremula, Brachionus pala mit nur wenigen Übergängen zu amphiceros, Notholca longispina, Gastropus stylifer (Hudsonella pygmaea) und Notomata aurita, letztere meist abgestorben. Von Krustazeen Cyclops und viele Nauplien, auch Chydorus und Bosmina cornuta-longirostris; Nematoden einzeln. Sphaerotilus in kleinen Flocken.

b) Flußboden: nichts gehoben.

B. Strommitte: Sichttiefe 63 cm.

a) Plankton: Wie A, ebensoviel Sphaerotilus; von Rotatorien noch einzeln Dinocharis pocillum, Brachionus angularis und abgestorbene Monostyla lunaris; von Diatomaceen auch Melosira varians und lange Bänder von Fragilaria capucina. Von Fadenalgen werden mitgeführt Fäden von Ulothrix zonata und von Cladophora glomerata, letztere besetzt mit Leptothrix parasitica; an abgestorbenen Bosminen haftet Coleps hirtus. Auch hier ist lebender Cyclops in der Strommitte ebenso häufig als seine Entwicklungszustände.

b) Flußboden: Abfall wie Papier, Stroh und dergl., auch Cladophorabüschel.

C. Rechte Flußseite. 1 km unterhalb Mainzufluß, Sichttiefe 39 cm.

a) Plankton: Hier neben mineralischem Detritus und typischem Rheinplankton viel organischer Detritus mit Zellulosefasern und scharlachroten Farbschollen, sowie meist blauen Textilfasern; Sphaerotilus meist in kleinen in Zersetzung begriffenen Flöckchen. Von Diatomaceen überwiegt Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus sowie Nitzschia acicularis, mehr einzeln ist Melosira varians und Encyonema ventricosum var. minuta, auch Cymatopleura solea, Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna mit Cocconeis pediculus u. a. Auf der rechten Seite sind besonders Protococcoideen vertreten, vor allem Scenedesmus quadricauda, meist in Jugendstadien, doch auch in größeren vielzelligen Coenobien, häufig ist auch Rhaphidium polymorphum var. falcatum; wie immer finden sich Pediastren und zwar die oben aufgeführten Arten. Neben sehr viel Eudorina ist hier auch Pandorina morum zahlreich vertreten, dagegen sind Dinobryen nicht häufig, auch nicht Oscillatoria agardhi; einzeln ist Closterium acerosum, Arcella und Difflugia, ferner Vorticella convallaria, dagegen machen einen großen Bestandteil des Planktons verschiedene Brachionus-Arten aus, besonders häufig Brachionus pala mit Subitaneiern, auch solche häufig schwebend mit farblosen Fetttröpfchen, dazu gesellen sich Brachionus angularis, rhenanus, rubens und urceolaris einzeln, Notholca acuminata nicht selten, einzeln auch Noth. striata, labis und longispina, ferner Euchlanis triquetra, Anuraea cochlearis häufig mit rötlichen Eiern, Anuraea aculeata mit forma brevispina, Polyarthra platyptera, Synchaeta pectinata und oblonga, Triarthra longiseta, Asplanchna priodonta und einzeln Rotifer vulgaris. Cyclops ist nicht häufig, mehr Nauplienformen, einzeln auch Nematoden.

III. Main.

Kostheimer Pegel am 16. Mai 7 Uhr 0,93. Das Mainwasser hat eine bräunliche Färbung. Sichttiefe 38 cm. Sphaerotilus ist makroskopisch nicht sichtbar.

1. Main oberhalb der Kostheimer Zellulosefabrik.

a) Plankton: viel brauner, teils mit Schwefeleisen beladener Detritus, welcher mit Salzsäure eine nur schwache Kohlensäureentwicklung gibt, dagegen eine baldige Schwärzung des Bleipapiers. Zellulosefasern finden sich oberhalb der genannten Fabrik nur ganz vereinzelt, dagegen häufig gelbe und rote Farbschollen, auch braun tingierte Muskelfasern; Sphaerotilus natans ist nur in wenigen meist schon in Zersetzung befindlichen Flöckchen vorhanden, auch Bruchstücke von Oscillatoria limosa sind nicht selten. Von eigentlichen Planktonten überwiegt Brachionus pala mit Übergängen zu amphiceros, fast allen Weibchen haften Eier an, auch Triarthra longiseta ist nicht selten, ebenso Eudorina und mehr noch Pandorina. Zahlreich ist ferner Asterionella gracillima vertreten; einzeln kommen vor Dinobryon sertularia, Pediastrum boryanum genuinum und Pediastrum duplex var. reticulatum, Scenedesmus in vielen jungen und älteren Individuen, Scen. obliquus, Selenastrum acuminatum, Rhaphidium polymorphum mit var. falcatum, Closterium acerosum, Fragilaria capucina, crotonensis und construens var. venter, viel Stephanodiscus hantzschi und var. pusillus, Melosira varians, Synedra ulna var. splendens und delicatissima, Cymatopleura solea und Schalen von Naviculeen, Nitzschien, Cymbellen u. a. Arcella ist nicht selten, ebenso

Vorticellen. Von Rotatorien kommen neben den oben erwähnten noch vor Brachionus angularis, rubens und bakeri, Notholca striata, aculeata und labis, Euchlanis triquetra, Synchaeta tremula und leblose Diglena; wie im Oktober sind im Mainwasser wieder Nematoden häufig.

2. Main unterhalb der Zellulosefabrik.

a) Plankton: Dieselben Organismen, jedoch hier sehr viel Zellulosefasern.

b) Flußboden: Schlamm meist bestehend aus faulenden Holzabfällen und etwas elementarem Schwefel, azoisch.

Der Main zeigt dieselbe Verschmutzung, wie sie Berichterstatter seit länger als 3 Jahren zu beobachten Gelegenheit hatte.

Der Detritus enthält Verunreinigungen, welche gewisse oberhalb gelegene Fabriken dem Flusse zuführen, namentlich Farbstoffe, welche sowohl in Lösung als auch im suspendierten Zustande vorhanden sind. Die aus den oberhalb Kostheim gelegenen Zellstofffabriken eingeschwemmten Zellulosefasern haben sich wohl meist oberhalb der Schleusen abgesetzt, doch wurden noch Leitfragmente für Fäkalien aufgefunden. Der Detritus, also die im Flusse schwebenden leblosen Bestandteile, sind meist mit Schwefeleisen beladen; dasselbe ist gebildet nach früheren Feststellungen des Berichterstatters aus mit dem Abwasser gewisser Farbwerke und Zellstoffabriken in den Main gelangtem elementaren Schwefel durch Umsetzung im kalkalkalischen Schlamm mit Eisensalzen, gleichfalls durch Reduktion im faulenden Mainschlamm von Gips, welcher in großen Mengen aus den chemischen Fabriken in den Main gelangt. Der Gehalt an Calciumkarbonat im mineralischen Detritus ist durch aus den Fabriken zufließende freie Säuren stark vermindert, während er sonst in Flüssen mit anliegenden größeren Städten zuzunehmen pflegt.

Planktonten sind noch reichlich vorhanden, unter den Diatomaceen namentlich solche, welche eine stattgehabte Verunreinigung anzeigen, wie Melosira varians, Stephanodiscus hantzschi, Nitzschia acicularis u. a.; in mit organischen Stoffen verunreinigtem Flußwasser finden sich meist zahlreiche Brachionen, so auch hier, ebenso Notholca-Arten, besonders aber gewisse Protococcoideen, wie die aufgeführten Scenedesmus-Arten, und namentlich deren Jugendzustände. Oscillatoria limosa spricht gleichfalls für eine Anreicherung mit gelöster organischer Subtanz, ebenso die im Mainwasser vorhandenen Nematoden und Vorticellen, welch erstere jedoch mehr mit den Sedimenten aufgewirbelt sind.

Dieselben Organismen und Bestandteile des Pseudoplanktons machen sich auch noch auf der rechten Seite des Rheines geltend; sie dominieren im Vergleich zu den typischen Rheinplanktonten und lassen das Mainwasser, das sich durch seine rötlichbraune Färbung auf sehr weite Strecken am rechten Ufer bemerkbar macht, auch im mikroskopischen Bilde erkennen.

IV. Buchten bei Mainz, mit dem Rhein in Verbindung stehend.

1. Floßhafen „Casteler Lache“ gegenüber der Stadt Mainz, mit zeitweiligem Zufluß aus dem Main. Sichttiefe 53 cm.

a) Plankton oberhalb der Drehbrücke vom Boote aus: Organischer und mineralischer Detritus, wenig Sphaerotilus. Häufig ist Arthrospira jenneri, auch Euglena

viridis, im übrigen sind hier viele Rhein- und Mainplanktonten zu finden, hervorzuheben sind: viel Scenedesmus quadricauda, Asterionella, Eudorina, Closterium leibleini und acerosum, auch Gonium angulatum und von saproben Protozoen: Paramaecium caudatum und Stentor coeruleus, sowie Vorticellen, ferner Stiele von Anthophysa und von Carchesium lachmanni; Rotatorien sind hier reichlich entwickelt besonders Brachionus pala, häufig mit Ascosporidien; auch die andern Brachionen sind nicht selten, ebenso die Anuraeen, die Notholca-Arten, Synchaeten und Triarthra longiseta, mehr noch Polyarthra platyptera, auch Rotifer ist vertreten sowie Diglena, Monura usw.; von Krustazeen nur Nauplienformen.

In der Casteler Lache zeigen nicht wenige der aufgeführten Organismen eine mäßig starke Verunreinigung an, so Euglena, Arthrospira, Paramaecium caudatum, Stentor coerulens u. a. Nach eingezogenen Erkundigungen sollen in den Hafen Siele aus Kostheim einmünden, welche die Verschmutzung bewirken, an welcher zum Teil auch zufließendes schlechtes Mainwasser Schuld sein mag. Die vielen Brachionen sowie die anderen zahlreichen Rotatorien finden hier reichlich Nahrung; die Brachionen und Synchaeten weisen in ihrer Leibeshöhle häufig Parasiten wie Ascosporidium blochmani (Glugea asperospora Fr.) auf.

2. Winterhafen auf der linken Flußseite, „Sicherheitshafen", längliche gänzlich stromlose Uferbucht. Sichttiefe 1 ½ m.

a) Plankton: Das Plankton besteht hauptsächlich aus Massen von 3 Organismen und zwar: Asplanchna priodonta, Anuraea cochlearis und Uroglena volvox, daneben sind nicht selten Eudorina, weniger Pandorina, Asterionella gracillima, Triarthra longiseta und Bosmina longirostris-cornuta, Cyclops und Nauplien, sonst findet sich noch Oscillatoria agardhi, Botryococcus brauni, Fragilaria crotonensis, Tabellaria fenestrata aster. und Synedra ulna, noch mehr einzeln auffallenderweise Brachionus pala und Polyarthra, ebenso Synchaeta, Mastigocerca, die schlanken Synedren und dünnfädigen Melosiren. Die vielen Asplanchnen, welche auch Embryonen enthalten, haben sich von Eudorina, Anuraea cochlearis, Uroglena, Fragilarien u. a. Diatomaceen ernährt. Die Anuraeen, unter denen forma tecta, hispida und macracantha recht häufig ist, haben viel Eier von rötlicher Farbe meist mit noch dunkler roten Fetttropfen.

3. Hafen Gustavsburg oberhalb der Mainmündung, links von der Insel Bleiaue, wo ein schwacher Rheinwasserdurchstrom statthat. Sichttiefe 70 cm.

a) Plankton: viel weniger mineralischer Detritus als im Rhein, wenig Sphaerotilus, sonst die typischen Rheinplanktonten, unter denen Rotatorien viel häufiger sind als im Rhein, besonders Synchaeten, pectinata wie tremula, auch Asplanchna priodonta ist nicht selten, ebenso Triarthra longiseta wie Brachionus pala mit Übergängen zu amphiceros, oft mit 5 Eiern, und Polyarthra, während die Anuraeen nicht so häufig vorkommen. Von Krustazeen sind Bosminen, Cyclops und Nauplien nicht selten; häufig ist auch Asterionella, Osc. agardhi, Eudorina und Dinobryon.

b) Plankton zwischen Bleiaue und dem Parallelwerk, Sichttiefe 89: Dieselben Organismen, doch sind die Rotatorien etwas seltener, während die Diatomaceen häufiger vorkommen, auch Ceratoneis arcus, Ketten von Diatoma vulgare, Nitzschia palea und

sigmoidea var. apiculata, Cymatopleura solea, Pleurosigma attenuatum u. a. Bodenformen. Oscillatoria limosa ist häufig und verleiht dem Plankton den ihr eigentümlichen Geruch.

Denselben Geruch weist auch der in der Nähe der Ausmündung gehobene Schlamm oder vielmehr Schlick auf; nach dem Absieben desselben bleiben viele große rote Larven von Chironomus zurück sowie Schnecken und zwar Lithoglyphus naticoides mit auf den Schalen abgesetzten Eiklumpen (gegenseitige Eiablage).

Bemerkenswert ist die in den 3 Buchten verschiedene Entwickelung gewisser Organismen. Während in dem Winterhafen auf der linken Rheinseite Asplanchna, Anuraea und Uroglena zur Massenentfaltung kommen, dagegen Brachionus, Synchaeta und Polyarthra nur verhältnismäßig selten auftreten, finden sich diese Arten auf der rechten Rheinseite sehr viel häufiger. Spätere Untersuchungen mögen vielleicht einigen Aufschluß über dies verschiedene Verhalten zur selben Jahreszeit ergeben, auch ob die größere Klarheit des Wassers (Sichttiefe $1\,{}^1/_2$ m) und das Fehlen von mineralischem Detritus die Massenentfaltung gewisser Arten begünstigt; beispielsweise liebt Ceratium hirundinella Wasser mit viel mineralischer Substanz, darauf scheint auch das Fehlen dieses Organismus im Winterhafen zu beruhen, während er im Rhein nicht selten ist.

Ziemlich deutlich ist die Vermehrung des Rheinplanktons durch die im Winterhafen statthabende Anreicherung mit Lebewesen zu erkennen; so sind im Mainzer Profil auf der linken Seite sehr häufig Asplanchna, Anuraea cochlearis und Uroglena, welche auch im Winterhafen dominieren. Auf der rechten Seite sind natürlich die Rheinorganismen durch die Mainplanktonten verdrängt, auch die Casteler Lache ist, wie schon erwähnt, wesentlich durch Mainwasser und Kostheimer Abwässer beeinflußt, während wieder das Gustavsburger Hafengebiet teilweise mit Rheinwasser überflutet ist und zurzeit die Zusammensetzung des rechtsseitigen Rheinplanktons bei den statthabenden Mainzuflüssen nicht wesentlich beeinflussen kann.

V. Abflüsse der Stadt Mainz[1]).

1. Ausfluß oberhalb des Zollhafens, unterhalb der Straßenbrücke.

a) Plankton: Wie immer im Rhein viel mineralischer Detritus und die für die Jahreszeit typischen Rheinplanktonten, daneben auch Cyclotella comta forma quadrijuncta, Ceratoneis arcus u. a., wenig Rotatorien; für die Beurteilung in Betracht kommend: Euglena deses, Köpfe von Carchesium lachmanni, Nematoden, Closterium acerosum, Oscillatoria limosa und Melosira varians, sonst noch Sphaerotilus natans in kleinen Flocken.

b) Besatz in der Rohrmündung: Abfall und Detritus mannigfacher Art, dazwischen viel Ketten von Diatoma vulgare, auch viel Melosira varians, Röhren von Encyonema prostratum, etwas Ulothrix zonata, Nematoden und Oligochaeten.

c) Besatz an der Mauer unterhalb des Siels: Dieselben Organismen wie bei b, jedoch noch mehr Oligochaeten und häufig Gammarus fluviatilis.

---

[1]) Die Fäkalien werden zurzeit noch nicht durchweg in das Kanalnetz aufgenommen.

d) Flußboden: Im Dretschebeutel nur einige Schlackestücke und Gammarus fluviatilis.

2. Ausfluß etwa 300 m oberhalb der Kaiserbrücke, hier Sichttiefe 83.

a) Ufersteine mit grauem Besatz: viel Detritus mit Diatoma vulgare usw. wie oben, auch noch Lyngyba aerugineo-coerulea.

b) Flußboden: viele Steine, auf der Oberseite mit Besatz von Cladophora, viele Röhrchen von Chironomiden-Larven und Nefelis-Kokons, mikroskopisch: Lionotus fasciola u. a. mesosaprobe Protozoen, viele Ketten von Diatoma vulgare, Euchlanis, Oligochaeten und Nematoden.

3. Weiter unterhalb Flußboden normal.

Die Abwässer der Stadt Mainz sind nicht imstande, den Rhein auf weitere Strecken als ganz in der Nähe der Abflüsse zu verunreinigen; auch hier ist die Verunreinigung eine nur geringe. Was von Abfällen die Strömung nicht weiter führt, wird von gewissen Vertretern der gröberen Fauna, wie von Flohkrebsen, vielen Insektenlarven und verschiedenen Würmerarten beseitigt; auch eine reiche Diatomaceenflora — besonders kommt hierbei Diatoma vulgare und Melosira varians in Betracht — nährt sich von der ursprünglich faulenden dann aber zersetzten organischen stickstoffhaltigen Substanz. Im Plankton werden diesmal innerhalb der Siele keine Leitfragmente für Fäkalien, wie im vergangenen Oktober, festgestellt.

Den 17. Mai 1906.

Mainzer Pegel 1,30. Der Rhein steigt von Tag zu Tag (Mainzer Pegel am 12. Mai beim Beginn der Untersuchung morgens 1,09, am 13. = 1,11, am 14. = 1,13, am 15. = 1,20, am 16. = 1,25; auch der Main ist im Steigen begriffen: Kostheimer Pegel am 12. = 0,71, am 13. = 0,72, am 14. = 0,74, am 15. = 0,80, am 16. = 0,86, am 17. = 0,93).

Sichttiefe bei Mainz 55 cm. Temperatur: Luft 12,0°, Wasser 17,0°. Wetter: bewölkt, später Regen.

Reaktion des Wassers: neutral, nach 5 Minuten deutlich alkalisch.

VI. Salzbach und Umgebung.

1. Oberhalb der Salzbachmündung auf der rechten Flußseite und rechts von der Petersaue.

a) Flußboden, erster Dretschezug: Abfälle verschiedener Art, auch Haarwülste. Zweiter Dretschezug weiter unterhalb: nur Sand, azoisch.

2. Salzbach selbst. Sein Wasser ist vormittags 10 Uhr stark trübe und fäkalartig stinkend, es stinkt sogar in geschöpften geringen Mengen; viele Flocken von käsigem Aussehen treiben auf dem Salzbachwasser dem Rheine zu, um $10^1/_4$ Uhr führt der Bach auch nicht selten frische Menschenkotballen von Wallnussgröße! Die Reaktion des Wassers ist ziemlich stark alkalisch.

a) Plankton: Sphaerotilus natans und viele Zoogloeen, Textilfasern verschiedener Art, viel vegetabilischer Detritus mit Spiralgefäßen usw., Muskelfasern, gelb und braun, teils mit noch deutlicher Querstreifung; von saproben Organismen Vorticella microstoma

und Paramaecium putrinum sowie caudatum, von Diatomaceen nur etwas Diatoma vulgare.

b) Treibende Flocken: Dicke Zoogloeen ohne Protozoen, Beggiatoen, Textilfasern, Fett usw.; andere Flocken, oft als lange Strähnen, enthalten auch Wasserformen von Schimmelpilzen, so von Mucor, doch befindet sich dieses Mycel in Zersetzung; hier gleichfalls viele Fettropfen.

c) Grünlicher Belag auf untergetauchten Ufersteinen: Protococcus-Zustände von Grünalgen, Textilfasern (rot gefärbtes Leinen, blaue und graue Wolle usw.). Sichttiefe (stets im Durchschnitt von 3 Proben) 30 m oberhalb der Salzbachmündung 49 cm.

Sichttiefe	Salzbach selbst	12 cm
„	15 m unterhalb am Ufer	24 „
„	ebenda, doch 10 m vom Ufer entfernt . .	24 „
„	„ „ 15 m „ „ „ . .	25 „
„	130 m unterhalb	28 „
„	300 m „	38 „
„	300 m „ und 80 m vom Ufer . . .	53 „

3. Rhein 100 m unterhalb des Salzbachflusses.

a) Flußboden: Grauschwarzer Schlamm, stark fäkalartig riechend, gesiebt: Abfall verschiedenster Art, besonders Papierfetzen, faulende Pflanzenreste, scheinbar Gemüseabfall usw., azoisch.

b) Besatz an einem hier seit einigen Tagen lagernden Floß, flottierend: Sphaerotilus natans und viel Zoogloeen, viele Monaden (Oikomonas und Bodoarten), dazwischen junge Larven von Chironomiden; ein längere Zeit oberhalb der Salzbachmündung liegendes Floß weist einen solchen Besatz nicht auf.

4. Rhein weiter unterhalb am Drahtseil der Pontonbrücke.

a) Grauer flockiger Besatz: meist Sphaerotilus natans mit wenig Zoogloeen, dazwischen junge Chironomidenlarven und Asseln; einzelne Spirogyrafäden.

b) Steine unter Wasser in der Ufernähe: Meist mit schwarzem Belag, welcher mit Salzsäure starke Schwefelwasserstoffentwicklung gibt; sogar die hier gefundenen Schnecken (Paludina vivipara) sind mit Sphaerotilus besetzt; zwischen den Steinen viele Egel (Nephelis vulgaris) und Asseln (Asellus aquaticus).

c) Plankton: Typische Rheinplanktonten mit viel Sphaerotilus natans, auch braune Muskelfasern sind recht häufig, ebenso Zellulosefasern; viel typische Abwasserorganismen wie Carchesium lachmanni, Vorticellen, Chilodon, Monaden usw., auch Nematoden; ferner finden sich violett und anders gefärbte Schollen.

5. Rhein, Landungsbrückenponton bei Biebrich, der Badehausgesellschaft Ezelius gehörig, 400 m unterhalb der Salzbachmündung.

a) Brückenbesatz: Moos (Amblystegium riparium) vom steigenden Rhein überflutet mit grauen Flocken und viel Abfällen, dazwischen viele Asseln und rote wie graue Chironomuslarven, auch Egel (Nephelis) und Oligochaeten, darunter Limnodrilus. Mikroskopischer Befund: Vorwiegend Sphaerotilus mit vielen Nematoden und saproben Protozoen wie Chilodon cucullulus u. a.; hier treten wieder einige Kieselalgen auf, vorwiegend Synedra ulna, keine Melosira varians oder Diatome vulgare.

Der Salzbach ist äußerst stark verunreinigt. Die gröbsten Verunreinigungen wurden ihm am Tage der Begehung durch die Abwässer der Stadt Wiesbaden zugeführt. Selbst bei dem hohen Wasserstande des Rheins tritt erst 300 m unterhalb des Salzbachzuflusses eine in Betracht kommende Vermischung mit dem Rheinwasser ein. Bis dahin zeigen die Faulstoffe des Salzbaches ihre Wirkung nicht bloß auf das Plankton und das Ufer, sondern ganz besonders auch auf den Flußboden; derselbe enthält auf der Strecke bis mindestens 100 m unterhalb des Salzbaches kein tierisches Leben.

VII. Die chemische Fabrik Kalle & Co. hat nach Angaben für die einzelnen Betriebe, namentlich für die älteren, verschiedene Konzessionen, ohne daß für die Ableitung und den Charakter der Abwässer in den Urkunden Bedingungen gestellt sind; den Anordnungen der Strompolizei soll deshalb seitens der Fabrikleitung Widerstand geleistet werden.

1. Ein Abwasserausfluß (gemauerter Kanal) mündet bald unterhalb des Salzbaches am Ufer aus; aus demselben strömt, über die Ufermauer fließend, rotgefärbtes Wasser von stark saurer Reaktion; es läuft sodann in eine durch Steine gebildete Uferstauung. Trotzdem hier nur ein geringer Wasserwechsel durch Rheinwasser statt hat, ist die Reaktion eine nur schwach saure geworden, 2 m unterhalb der Ausmündung ist sie kaum noch in schwachem Maße wahrzunehmen, 5 m unterhalb dagegen gänzlich verschwunden. Der chemische Faktor der selbstreinigenden Kraft des Rheinwassers hat hier den normalen Zustand wieder hergestellt.

Von dem aus der Leitung strömenden Abwasser war eine Probe für die chemische Untersuchung zu Berlin entnommen worden, welche folgendes Resultat ergab:

Sehr starke Reaktion sowohl auf Chlor wie auf Schwefelsäure; 100 ccm erforderten zur Neutralisation 40,8 ccm $\frac{n}{10}$ KOH (Indikator Phenolphthalein) entsprechend 1999 mg SH_2O_4 im Liter oder 1489 mg HCl. Es kommen demnach auf 1 ccm Abwasser ungefähr 4 kg roher Säuren; diese werden im Rhein, wie aus den vorstehend angeführten tatsächlichen Beobachtungen hervorgeht, fast spielend verarbeitet. Zweckmäßiger wäre freilich, wenn das so stark saure Wässer führende Abflußrohr unmittelbar in die Strömung des Rheins geleitet würde.

2. Ein zweiter Ausfluß mündet dagegen mehrere Meter vom Ufer entfernt im Rheinstrome unter Wasser aus; das ausströmende Abwasser macht sich in starkem Auftrieb durch eine dunkel violette Färbung bemerkbar, ebenso durch eine saure Reaktion trotz schon erfolgter Mischung mit dem Rheinwasser; die hier zuströmenden Abwässer müssen demnach noch viel mehr Säure enthalten, als die im ersten Abfluß. 15—20 m weiter unterhalb ist die saure Reaktion indessen gänzlich verschwunden. Neben der Verunreinigung des Rheines durch Säuren und Farbstoffe aus der Kalleschen Fabrik macht sich auch eine solche durch teerartige Bestandteile auf der Wasserfläche deutlich bemerkbar, namentlich durch ölartige Ausbreitungen auf der Wasseroberfläche.

Es sollen noch mehrere Unterwasserausflüsse vorhanden sein, doch können Verunreinigungen nicht weiter festgestellt werden.

Die Verunreinigung durch Farbstoffe, welche sich auf dem rechten Rheinufer häufig noch bis Caub bemerkbar machen, wird nach obigen Feststellungen nicht allein durch das verfärbte Mainwasser verursacht, sondern teilweise auch durch das Abwasser aus der Kalleschen Fabrik.

VIII. Ochsenbach.

Aus demselben fließt fast andauernd milchig getrübtes Wasser ab, welches sich beim Zufluß in das am rechten Ufer braunrötliche Rheinwasser von diesem deutlich unterscheidet. Wegen seines flachen Wasserstandes ist der Ochsenbach nicht mit dem Boote zu befahren, auch wegen seiner Überwölbung nicht weiter zu begehen. Nach Angaben des Strommeisters Clemens sollen dem Ochsenbach auch Abwässer der Stadt Wiesbaden zufließen, so beispielsweise aus den Häusern der Adolfsallee, aus dem Vorort Dotzheim usw., ferner soll ein Kanal, aus dem Schloß und aus anderen Biebricher Ortsteilen kommend, in den Ochsenbach einmünden.

Sichttiefe 43 cm.

a) Plankton: Sphaerotilus in kleinen Flocken, Abwasserprotozoen wie Paramaecium aurelia, Lionotus fasciola, Vorticellen, Gerda usw.; ferner kommen hier Tintinnidium fluviatile, Phacus pleuronectes, Synura, Ketten von Diatoma vulgare, Stephanodiscus hantzschi, Synedra ulna sowie Oligochaeten vor, ferner Rheinorganismen wie Eudorina, Asterionella, Tabellaria, Fragilaria crotonensis, Anuraea chochlearis, Synchaeten usw., wohl durch Rückstau zugeschwemmt.

b) Grüne Algen auf dem Zementgrunde des Auslaufes: Cladophora glomerata, teils fruktifizierend, teils abgestorben, mit viel Sphaerotilus natans; zwischen den Cladophora-Fäden viele Ketten von Diatoma vulgare, an den älteren Fäden viele Gomphonemen, Synedren usw.; an den Seitenmauern finden sich gleichfalls Flocken von Sphaerotilus mit Vorticella campanula, Melosira varians usw.

20 m unterhalb der Ochsenbachmündung ist Sphaerotilus nicht mehr aufzufinden, wenigstens nicht bei dem hohen Wasserstande, bei welchem sich die Verunreinigung des Rheins durch den Ochsenbach überhaupt nicht weiter bemerkbar macht.

IX. 6 Fabriken oberhalb des Schiersteiner Hafens.

1. Unterhalb der Dachpappenfabrik hat sich sehr viel teerartiger Schlamm abgelagert, welcher nach dem Absieben azoisch ist.

2. Dagegen finden sich in dem Schlamm unterhalb der anderen Fabriken große Paludinen und viele Muscheln (Sphaerium) lebend vor, auch Larven und Chironomiden.

Im Kribbenfelde vor der Vaselinfabrik werden mit einem Dretschezuge fünf einsömmerige 3—4 cm große Bresem (Abramis brama) erbeutet, von denen der Mageninhalt des größeren Fisches untersucht wird mit folgendem Befund: viel Oscillatorien und Ulothrix zonata sowie schon zersetzte Cladophora, Rotifer ist noch zu erkennen, von Kieselalgen sehr viel Navicula cryptocephala, Fragilarien usw.

3. Unterhalb des Ausflusses aus der chemischen Fabrik von Otto & Co., in welcher Kunstdünger und Leim fabriziert wird, wird folgender Befund erhoben:

Das abfließende Wasser ist klar und geruchlos, auch von normaler Reaktion. In der stillen Bucht, welche die Abwässer aufnimmt, d. h. in dem Kribbenfeld, haben

sich bedeutende Schlick- und Schlammassen angehäuft, den ganzen Umfang der 2000 qm großen Bucht einnehmend. Der Schlamm ist von schwarzer Farbe und stinkend, mit Salzsäure entwickelt sich neben viel Kohlensäure auch viel Schwefelwasserstoff; nach dem Absieben bleibt Kies zurück, welcher durchweg schwarzen Belag aufweist, aus dem, mit Salzsäure übergossen, sich viel Schwefelwasserstoff entwickelt.

Unterhalb der sechs Fabriken zeigt das Rheinwasser eine normale Reaktion. Durch dieselben wird demnach nicht das Rheinwasser selbst schädlich beeinflußt, sondern nur der Flußboden im ganzen Bereiche des Kribbenfeldes.

X. Schiersteiner (Walluf-Budenheimer) Profil.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 63.

a) Plankton: Sphaerotilus natans ziemlich häufig, auch Oscillatoria limosa nicht selten, sonst typisches Rheinplankton; auf der Oberfläche des konservierten Planktons hat sich eine dünne schwachgrüne Schicht von Oscillatoria agardhi gebildet, Eudorina ist häufig in verschiedenen Entwickelungszuständen, Pandorina seltener, Dinobryen nicht selten, Asterionella mit Frusteln bis zu 110 μ Länge, auch solche von durchschnittlich 60 μ, Scenedesmus quadricauda in größeren Coenobien, Scenedesmus obliquus, Selenastrum acuminatum ziemlich häufig, Pediastren lebend und abgestorben, ferner Gonium, Sphaerocystis, Dictyosphaerium pulchellum, Closterium acerosum, Lyngbya limnetica und Spirogyrafäden; von anderen Kieselalgen Nitzschia acicularis und sigmoidea, Stephanodiscus hantzschi, Cyclotellen, Synedren, Gomphonemen, Naviculeen usw.; auch einzelne Vorticellen finden sich, von Carchesium lachmanni nur Stiele; ferner Arcella, Cyphoderia, viel Rotatorien und deren Eier, besonders Brachionen, unter diesen am häufigsten Brachionus pala mit Übergängen zu amphiceros, auch Brachionus angularis und urceolaris ist nicht selten, ferner Anuraea cochlearis mit rötlichen Eiern sowie die Varietäten macracantha, tecta und hispida, ferner Anuraea aculeata, Triarthra longiseta, Polyarthra, Asplanchna, Notholca striata ziemlich häufig, seltener Notholca labis, Synchaeta tremula und pectinata, Euchlanis, auch Rotifer vulgaris und abgestorbene Diglena sowie Nematoden; Cyclops ist seltener, Nauplien häufiger; schließlich kommen nicht selten Puppenhüllen von Culex vor, auch einzelne Mückeneier in der Entwicklung, wahrscheinlich durch das Hochwasser von der Eltville gegenüber gelegenen Insel, der sog. Mückeninsel, abgeschwemmt.

b) Flußboden: Beim ersten Dretschezug: Kies teils mit grünlichem Besatz, mikroskopischer Befund: Ulothrix zonata, Oscillatoria limosa und chalybea, Closterien und viel Navicula cryptocephala, Philodina roseola und erythrophthalma. Mit Salzsäure entwickelt sich Kohlensäure, kein Schwefelwasserstoff.

Beim zweiten Dretschezuge: nichts.

c) Brauner pilzartiger Besatz an der Badeanstalt, welche seit ungefähr drei Wochen neu aufgebaut ist, mit dem Pfahlkratzer unter Wasser entnommen.

Mikroskopischer Befund: Meist Sphaerotilus natans mit Melosira varians und Diatoma vulgare und anderen Kieselalgen, auch Tubificiden und Larven von Chironomiden. Nach Angabe des Strommeisters befinden sich auf der Ingelheimer Aue verschiedene Fabriken, wie eine Holzschneiderei, Sägewerke, auch eine Gasfabrik. Ferner sollen weiter oberhalb täglich die Abfälle aus dem Mainzer städtischen Schlachthof

oft in großen Massen auf Schiffe verfrachtet werden; beim Verladen mit Schaufeln sollen aus Unachtsamkeit Abfälle in das Rheinwasser gelangen. Aus diesen Verunreinigungen entsteht wohl die auf dem linken Ufer festgestellte Sphaerotilus-Bildung. Bei der Oktoberuntersuchung wurden hier auch Zoogloeen aufgefunden, welche auf eine noch stärkere Verunreinigung hinweisen. Bei der nächsten Untersuchung soll der oberhalb liegenden Verunreinigungsquelle weiter nachgegangen werden.

B. Strommitte, Sichttiefe 68.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton, jedoch viel mehr mineralischer Detritus nebst feinem tonigen, auch mehr vegetabilischer und animalischer Detritus als auf der linken Flußseite; dagegen weniger Rotatorien, im 5 Minuten langen Zuge mit dem großen Netze ungefähr 3 cbm Rheinwasser filtrierend nur Asplanchna, Synchaeten, Anuraea cochlearis, Brachionus pala und Euchlanis aufgefunden, Nitzschia acicularis ist hier nur ganz vereinzelt, Cyclops und Nauplien etwas häufiger, auch junge Larven von Chironomiden, sonst noch Chantransia chalybea, Botryococcus brauni, Uroglena volvox, Melosira varians, einzeln dicke Flocken von Sphaerotilus, Zellulosefasern wie Holzschliff und Strohfragmente, zersetzte Cladophora und Closterien; auch noch einzeln lebende Nematoden.

b) Flußboden: Viel Sand, azoisch, nach dem Absieben nur einige Fontinalisbüschel.

C. Rechte Flußseite, Sichttiefe 55. Temperatur der Luft mittags $3^1/_2$ Uhr $13{,}2^0$, des Wassers $16{,}2^0$.

a) Plankton: Auch viel feiner toniger Detritus, ebenso Zellulosefasern; Rotatorien häufiger wie in der Mitte, besonders Asplanchna, Brachionus, Synchaeta, Anuraeen, Triarthra, Gastropus stylifer und Rotifer vulgaris, letztere drei einzeln. Von Protozoen: Stentor coeruleus und roeseli, Vorticella sp., Arcella, auch Synura uvella kommt vor, gleichfalls viele Bruchstücke von Oscillatorien meist 16 μ breit, kleine Flocken von Sphaerotilus natans; von Krustazeen: Cyclops, Diaptomus und Nauplien. Von Fabrikabfällen finden sich hier neben Zellulosefasern besonders viele meist rote Farbschollen, seltener violette, auch gelbe und braune Muskelfasern, Fettröpfchen, Textilfasern usw.

b) Flußboden: Sand mit Kies, teils mit schwarzem Belag und etwas stinkend.

c) Pontonbesatz: Fontinalis und Cladophora mit Detritus verschiedener Art, auch Ulothrix zonata und subtilis, Navicula cryptocephala, dazwischen viel Philodina roseola, auch Nematoden und junge Chironomus-Larven. $^1/_3$ m tiefer: Derselbe Befund, jedoch noch Cristatella mucedo, mehr Tubificiden und noch Diatoma vulgare.

Freitag, den 18. Mai 1906.

XI. Oestrich-Winkel-Selz-Freiweinheim.

Temperatur der Luft morgens $7^1/_2$ Uhr $13{,}2^0$, des Wassers $15{,}2^0$. Wetter bewölkt, später andauernder Regen. Mainzer Pegel 1,39, mittags 1,40. Bingener Pegel 2,10, mittags 2,13, stetig steigend.

Reaktion des Rheinwassers wie bisher.

1. Abfluß aus der chemischen Fabrik von Köpp & Co. in Oestrich.

Am Morgen des 18. Mai fließt kein Wasser ab, dagegen ergoß sich abends vorher um 6 Uhr, und später nochmals, ein starker weiß gefärbter Abwasserstrom in den Rhein, welcher noch einige hundert Meter weit am rechten Rheinufer zu verfolgen war. Sichttiefe auf dem rechten Ufer 57.

2. Am linken Ufer befindet sich ein schmaler Rheinarm, in diesen ergießt sich die Selz, welche den größten Teil der Tagwässer von Rheinhessen dem Rheine zuführt, aber auch die Abflüsse von $3^1/_2$ km weiter oberhalb liegenden Fabriken fließen in die Selz und zwar aus einer Zementfabrik (Süddeutsche Zementverkaufsstelle Heidelberg), aus der chemischen Fabrik von H. Böhringer, welche hauptsächlich Weinstein, Milchsäure und Morphium fabriziert, und aus einer Schwärzefabrik.

a) Flußboden in der Rheinbucht: Unterhalb der Selz haben sich bedeutende Massen von Schlamm angehäuft, welcher von schwarzgrauer Farbe und faulig-moorigem Geruche ist. In dem abgesiebten Schlamm finden sich viele faulende Blätter, von Organismen nur vereinzelte Tubificiden. Nach Angabe machen sich an dieser Stelle während der warmen Jahreszeit arge Geruchsbelästigungen geltend. Die Sichttiefe beträgt hier nur 11 cm.

2. Am Ende der Bucht dem Rheine zu findet sich mehr normaler Schlamm, d. h. hier durch die Stauung in größeren Mengen abgelagerter „Rheinschlick“. Nach dem Absieben bleibt gröberer Kies zurück sowie einige rote Larven von Chironomus plumosus. Die Reaktion ist in beiden Fällen eine normale.

3. Landungsbrücke Freiweinheim.

a) Besatz in der Spritzzone: Grüne Algenflocken, bestehend aus Cladophora glomerata mit vielen Ketten von Diatoma vulgare, mehr einzeln ist Synedra ulna, Navicula cryptocephala, Encyonema ventricosum usw. Auch zahlreiche Kolonien von Vorticellen, meist von Campanula sowie Lionotus fasciola, Rotifer vulgaris und Chlamydomonas.

b) Besatz in $^1/_3$ m Tiefe: Algenflocken mit sehr viel mineralischem Detritus, sonst dieselben Organismen wie oben, jedoch noch viele Tubificiden und Nematoden, auch viel mehr Rotifer vulgaris, gleichfalls Philodina roseola, Diglena sp., ebenso Vorticella campanula und Chlamydomonas, auch Ulothrix zonata nicht selten, einzeln Ulothrix subtilis.

4. Profil Winkel.

A. Linke Flußseite, Sichttiefe 67 cm.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit viel mineralischem Detritus, auch Sphaerotilus in kleinen sich zersetzenden Flocken, gleichfalls in Zersetzung begriffene Cladophora, ebenso Ulothrix und Spirogyra, schlanke Synedren und dünne Melosiren werden häufiger, auch Cyclotellen sind nicht selten. Oscillatoria agardhi ist ziemlich häufig, derart, daß sich in dem mit Formalin konservierten Plankton an der Oberfläche eine grünliche Schicht dieser Alge gebildet hat, während der obere Teil des Sedimentes eine mehr hellgrüne Farbe hat, besonders von Eudorina, weniger sind darin vorhanden Pandorina und Uroglena volvox, Closterium acerosum, Melosira varians und Nitzschia sigmoidea einzeln; von Rotatorien: Asplanchna priodonta (Länge durchschnittlich 55 μ, Verhältnis der Länge zur Querachse wie 1,4 : 1), Anuraea cochlearis mit Varietäten,

Anuraea aculeata, Synchaeta tremula nicht selten, mehr einzeln Synch. pectinata, Brachionus pala und urceolaris, Triarthra, Polyarthra, Euchlanis, Dinocharis, Notholca striata und Rotifer vulgaris. Bosminen sind ziemlich häufig, Cyclops mehr einzeln, Nauplien häufig; ferner kommen noch vor Nematoden und Eier von Dipteren.

B. Strommitte, Sichttiefe 62 cm.

a) Plankton: Dieselben Organismen wie auf der linken Flußseite, jedoch ist dem mineralischen Detritus hier viel feiner tonartiger beigemischt. Von Rotatorien sind dieselben Arten vorhanden, besonders Asplanchna, jedoch in viel geringerer Anzahl. Auch Sphaerotilus findet sich hier, meist in Zersetzung begriffen, ferner Zellulosefasern und Holzschliff sowie Textilfasern, nicht selten Bruchstücke von Oscillatoria limosa, von Protozoen noch Vorticella campanula und Paramaecium bursaria.

b) Flußboden: Bei einem 30 m langen Dretschezug viel Sand. Nach dem Absieben gröberer Kies mit Büscheln von Fontinalis, Cinclidotus und Cladophora, Schalen von Bythinia, Fischschuppen usw.

C. Rechte Flußseite.

Am Ende des Leitwerkes, also schon etwas im Rückstau des Rheinwassers (die Entfernung von der Oestricher Fabrik bis zum Ende des Leitwerkes beträgt 2,8 km).

a) Plankton: Weniger Detritus, wie in den letzten Proben, sonst typisches Rheinplankton mit zahlreichen Rotatorien, besonders mit Brachionus pala, auch Asplanchna priodonta, Anuraeen, Synchaeten, Euchlanis sind nicht selten sowie Rotifer vulgaris, Actinurus neptunius, Notholca striata; gleichfalls Crustaceen, neben Cyclops viele Nauplien, ferner Bosminen und einzeln Chydorus sphaericus. (Im Plankton, das auf der rechten Seite morgens bei Oestrich gefischt war, wurde auch Euglena viridis gefunden, jedoch nur einzeln, ferner Scenedesmen).

b) Flußboden: Sehr viel Steine, durchschnittlich 5 cm groß, alle auf der Unterseite mit schwachem schwärzlichen Belag, welcher mit Salzsäure eine geringe Entwicklung von Schwefelwasserstoff gibt; die Oberseite der Steine weist häufig roten Belag auf, welcher zuerst für Farbstoff gehalten wurde, sich aber bei der mikroskopischen Untersuchung als aus der Rotalge Hildenbrandia rivularis bestehend erwies. Zwischen den Steinen finden sich häufig Larven von Hydropsyche und von Chironomiden, auch nicht selten solche von Leptocerus, ferner viel Gammarus pulex sowie einzeln Nephelis, Gulnaria auricularia, Naucoris; ferner von Algen Büschel von Cladophora glomerata, teils solche mit dunkelgrünen, dickwandigen Fäden, teils solche von hellgrüner Farbe, mit dünnwandigen Zellen und wenig Kieselalgenbelag.

c) Ufersteine, häufig mit rotem Besatz von Hildenbrandia, teils auch mit grünen Rasen von Ulothrix zonata, dazwischen nur wenig Cladophora und einzeln Makrobiotus. Auf anderen Steinen findet sich nicht selten ein graugrünlicher Belag, welcher hauptsächlich aus potamophilen Kieselalgen, besonders Nitzschia acicularis und Synedra ulna bestand, ferner aus Diatoma vulgare, Navicula cryptocephala, Encyonema ventricosum u. a., ferner noch Scenedesmus obliquus und Selenastrum acuminatum.

d) Der Besatz an einem Schwimmer (Holzboje) weist viel mineralischen Detritus auf mit jungen Larven von Chironomiden, Tubificiden und Nematoden, sowie den

eben genannten Diatomaceen mit mehr Melosira varians; auch einzelne Oscillatorienfilze finden sich.

5. Chemische Fabrik von Goldenberg, Geromont & Co.

Um 11½ Uhr fließt nur wenig Abwasser, um 12 Uhr gleichfalls, in beiden Fällen ist es farblos und von neutraler Reaktion (bei der Oktoberuntersuchung floß rotes viel Gips enthaltendes Abwasser aus).

a) Rheinplankton im Abwasserstrom (nach 2 Minuten langem Absetzenlassen untersucht): Typisches Rheinplankton mit etwas Sphaerotilus und Zellulosefasern. Eudorina nur noch schwach sich drehend, Synura und Dinobryen absterbend, Epistylisstiele mit abgestorbenen Köpfen, Nematoden nur noch schwach lebend, Notholca labis abgestorben, die anderen Rotatorien sich kontrahierend: von lebenden Protozoen: Stentor roeseli, Vorticella campanula und ganz einzeln Trachelius ovum, sonst viel weißer Detritus und einzelne Kristalle (schwefelsaurer Kalk) sowie rote Fragmente.

b) Flußboden unterhalb des Abwasserzuflusses: Nur rot gefärbter Sand, nach dem Absieben azoisch.

Trotz seiner neutralen Reaktion scheint das Abwasser einen schwach schädlichen Einfluß auf die Organismen des Planktons auszuüben, mehr wohl noch auf die Fauna des Grundes.

Auch oberhalb der Fabrik auf der rechten Rheinseite macht sich die braunrötliche Färbung des Wassers (vom Main sowie aus der Kalleschen Fabrik herrührend) noch deutlich bemerkbar im Gegensatz zur linken Stromseite, deren Wasser vom Schiffe aus ein graugrünliches Aussehen hat. Durch die Bestimmungen der Sichttiefe macht sich dieser Unterschied gleichfalls bemerkbar; dieselbe beträgt auf der linken Seite 67, in der Mitte 62, auf dem rechten Ufer nur 57 cm.

Da bei dem von Tag zu Tag höher steigenden Wasser und den gänzlich überfluteten Buhnen sowie stillen kleinen Wasserwinkeln die Uferstrecken nicht eingehender zur Untersuchung kommen können, wird an mehreren Flußquerschnitten der Zusammensetzung des Planktons desto mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Bei den Planktonfängen wird überall gleichmäßig 5 Minuten lang das Rheinwasser durch das große Planktonnetz (wie oben beschrieben, stets für das Rheinplankton angewendet) durchströmen lassen. Es zeigt sich hierbei zunächst, daß der beim Beginn der Untersuchung auf der ganzen Rheinstrecke makroskopisch deutlich sichtbar treibende Wasserpilz Sphaerotilus natans auf der letzteren Strecke stark im Abnehmen begriffen ist; die in verhältnismäßig geringen Mengen stromabwärts treibenden Pilzflocken zeigen keine frische Bildung mit Ausnahme unterhalb des Salzbaches, sondern sind meist in Zersetzung begriffen. Mag dabei einerseits die größere Verdünnung des Flusses durch Regenwasser die Ursache sein, so sind es auf der anderen Seite wohl Beeinflussungen physikalischer Art, welche das Zurückgehen dieses von oberhalb bisher in großen Mengen zutreibenden Pilzes veranlaßt haben, namentlich die zunehmende Wassertemperatur, welche jetzt im Durchschnitt 17° C. beträgt. Die Bedingungen der Zu- und Abnahme der Wasserpilzbildung während der verschiedenen Jahreszeiten sind durch exakte Untersuchungen bis jetzt noch nicht festgestellt.

Was die normalen Bestandteile des Rheinplanktons im Wechsel der Jahreszeiten betrifft, so kann darüber noch kein abschließendes Urteil gefällt werden, solange noch keine Ergebnisse von Winteruntersuchungen sowie bei niederen Wasserständen vorliegen. Von Diatomaceen scheint nach den bisherigen Resultaten die Tabellaria fenestrata forma asterionelloides stets zu überwiegen, dagegen Diatoma elongatum zurückzutreten, ebenso ist Fragilaria crotonensis sehr viel häufiger als Fragilaria capucina, Melosiren scheinen gleichmäßig vorzukommen. Es überwiegen die beiden Arten Melosira crenulata var. tenuis und ambigua. Melosira varians ist keine typische Planktonalge, sie verlangt mehr Nitrate zu ihrer Ernährung, also bereits mineralisierte organische Substanz. Cyclotellen finden sich im Rheinplankton nur einzeln, häufiger schlanke Synedren wie Synedra delicatissima und longissima, Synedra ulna, besonders mit ihrer var. splendens, bildet einen Bestandteil des Ufer- und Steinbesatzes, sie ist auch nur als ein zufälliger Bestandteil des Planktons anzusehen.

Wasserblütebildende Algen kommen verhältnismäßig wenig vor; die wohl aus Schweizer Seen stammende Oscillatoria rubescens findet sich auf der Strecke von Waisenau-Mainz ab nur in vereinzelten Fäden, dagegen ist die ihr äußerst ähnliche Oscillatoria agardhi recht häufig, so daß sie sich in fixierten Planktonproben als grünliche Schicht auf der Oberfläche des noch verdünnten Planktons ansammelte. Ganz vereinzelt kommt noch Gomphosphaeria lacustris vor, Polycystiskolonien noch seltener und dann meist schon in zersetztem Zustande. Von Grünalgen ist jetzt im Rhein am häufigsten vertreten die Familie der Volvocaceen in den Gattungen Pandorina und ganz besonders Eudorina, seltener Gonium. Von Hydrodictyaceen fehlt nie die Gattung Pediastrum, aber nur einzeln vorkommend; von Pleurococcaceen je nach der Anreicherung mit organischer Substanz häufig Scenedesmus quadricauda und obliquus, auch Selenastrum und Rhaphidium, von Tetrasporaceen Botryococcus und Dictyosphaerium pulchellum, auch nur einzeln. Conjugaten sind bisher nicht häufig aufgefunden, die Art Closterium acerosum ist an keine Jahreszeit gebunden, sie liebt mit organischer stickstoffhaltiger Substanz nicht stark angereichertes Wasser und zeigt, wenn auch nur einzeln vorkommend, dementsprechend Verunreinigungen an.

Die Klasse der Flagellaten ist dagegen viel reichlicher vertreten, am häufigsten Dinobryen, Synura und Uroglena, ferner in gewissen Buchten Colacium vesiculosum, Cryptomonas, Trachelomonas, Phacus u. a.; aus der Klasse der Peridineen vor allem Ceratium hirundinella, Peridiniumarten dagegen ganz einzeln. Was die verschiedenen Algengruppen anbetrifft, einschließlich der genannten Flagellaten, Peridineen und typischen Plankton-Diatomaceen, so hat sich die Zusammensetzung des Planktons von Waisenau bis Winkel also vom 12. bis zum 18. Mai nicht wesentlich geändert, trotzdem der Rhein und besonders seine Nebenflüsse stetig im Steigen begriffen waren. Häufiger nur sind, abgesehen von den Arten agardhi und rubescens, die Oscillatorien geworden, deren Bruchstücke sich im Plankton jetzt immer häufiger finden; ihre Bestimmung ist in vielen Fällen, namentlich bei den meist fehlenden Endstücken, nicht mehr möglich, doch konnten oft noch die Arten limosa, tenuis und chalybea erkannt werden, auch Scheiden von Phormidien. Diese Oscillatoriaarten, die auch in verschmutztem Wasser gut vegetieren, zeigen immerhin an, daß oberhalb Verunreinigungen,

wenn auch mehr lokalisierte, stattgefunden haben. Mehr typische Vertreter der Abwasserorganismen sind die Euglenen, wenn sie in Massen auftreten sogar als Polysaprobien[1]); sie wurden einzeln nur auf der rechten Rheinseite aufgefunden.

Einen mehr wechselnden Bestandteil im Rheinplankton bilden die Rotatorien, doch fehlen sie in keiner auch nur kurz gefischten Probe. Im allgemeinen sind sie in der Strommitte viel weniger zahlreich zu finden als an den Seiten. Der Grund dafür liegt darin, daß sie hier aus stillen Buchten, in welchen sie oft zur Massenentwicklung gelangen, zugeschwemmt werden; aber auch in der Strommitte scheinen die planktonischen Formen der Rädertiere ihre Lebensbedingungen zu finden, da sie in ihrer größten Anzahl in lebendem Zustande und mit Eiern aufgefunden werden, Asplanchna auch mit Embryonen; gleichfalls kommen häufig treibende Rotatorieneier vor, doch ist dieser Schluß nur zu ziehen beim rezenten Material und nicht beim fixierten, da in letzterem, namentlich bei Anwendung von Formalin, der Kitt, mit dem die Eier am Körper des Muttertieres befestigt sind, gelöst wird, und man im konservierten Material bei gewissen Arten, wie Polyarthra und anderen, die Eier ausschließlich einzeln im Materiale findet. Bei der Ausschwemmung aus den Rheinhäfen, Buchten und Altrheinen spielt natürlich das Hochwasser eine wesentliche Rolle, deshalb werden die Rotatorien im schnellsteigenden und durch Regenwasser verdünnten Rhein auch nicht seltener gefunden als am ersten Tage der Untersuchung. Es kommen hierbei hauptsächlich die Gattungen Anuraea, besonders cochlearis mit den verschiedenen Varietäten, Asplanchna priodonta (selten im Rhein ist brigtwelli), Polyarthra, Triarthra longiseta, Notholca longispina u. a. in Betracht. Alle diese Arten treten häufig in verhältnismäßig reinem Wasser der größeren Binnenseen auf, vermehren sich aber auch in schwach verunreinigten Gewässern; in diesen sind sehr viel reichlicher vorhanden die Brachionen[2]), mit den Arten pala-amphiceros, angularis, urceolaris, bakeri, rubens, militaris u. a., gleichfalls die Notholcaarten, ebenso verträgt die obengenannte Triarthra sogar stark verschmutztes Wasser. Andere mehr im Detritus (Besatz, Schlamm usw.) lebende Rädertiere, wie Rotifer vulgaris und Actinurus neptunius sind in ihrem häufigen Vorkommen noch mehr als Leitorganismen für verschmutztes Wasser zu bezeichnen, sowohl im Besatz unterhalb solcher Ausflüsse, als auch von hier abgeschwemmt im Plankton; beispielsweise kommt Rotifer im Plankton im ganzen rechten Rheinufer schon von Weisenau ab vor (unterhalb der Zellulose- und Pappenfabriken) und weiter unterhalb des Main- und Salzbachzuflusses bis nach Winkel, hier auch noch Actinurus. Gleichfalls zeigen die Brachionen, namentlich Brachionus pala auf der Strecke vom Zufluß des Mains ab ein viel häufigeres Vorkommen als auf der linken Seite, während sie in der Mitte fast fehlen. Hat es die eine oder andere Rotatorienart in stillen Buchten zur Massenentwicklung gebracht, so sind ihre Vertreter auch unterhalb dieser Buchten in viel größerer Anzahl auf-

---

[1]) Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna von Kolkwitz und Marsson. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw. Heft 1. 1902.

[2]) Marsson, Die Abwasserflora und -Fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. l. c. Heft 4. 1904. S. 158.

zufinden, als auf den anderen Stromstrecken, so beispielsweise Asplanchna auf der linken Stromseite noch bis zum Winkeler Profil; sie wird sowohl aus dem Oppenheimer Hafen als auch aus dem Mainzer Hafen zugeschwemmt. Ein ähnliches Vorkommen zeigt Triarthra longiseta.

Ähnlich wie Rotifer verhalten sich auch die Nematoden. Ihre Vertreter werden im Plankton ausschließlich auf der rechten Seite der vier untersuchten Flußquerschnitte gefunden, besonders zahlreich unterhalb des äußerst stark verschmutzten Salzbaches. Diese Fadenwürmer kommen dann gleichzeitig im Besatz des Ufers vor; auf der ganzen linken Strecke finden sie sich ausschließlich im Besatz der Mainzer Siele.

Bemerkenswert im Plankton ist ferner, wie schon im ersten Rheingutachten erwähnt, auf der rechten Rheinseite vom Mainzufluß an das fast ausschließliche Vorkommen von den beiden Diatomaceenarten Stephanodiscus hantzschi und Nitzschia acicularis. Die beiden Arten Melosira varians und Diatoma vulgare sind nur zufällige Bestandteile des Planktons, mehr dagegen im Besatze von Uferpfählen, Ufersteinen usw. zu finden, sie drücken hier besonders stattgehabte Verunreinigungen aus, vegetieren demgemäß auch viel häufiger im Flusse unterhalb solcher Stellen, wo Abläufe mit organischen Abfällen wie von bewohnten Stätten u. dergl. statthaben. Deshalb werden sie nicht bloß sehr zahlreich unterhalb der Mainzer Siele, sondern auch auf der weiterfolgenden Strecke des linken Ufers gefunden, wie bei Budenheim und Freiweinheim. Diese beiden Diatomaceenarten, namentlich die genannte Melosira, zeigen nach zahlreichen Beobachtungen des Berichterstatters an verschiedenen Flüssen Norddeutschlands mehr dauernde Verunreinigungen an, als die saproben Vertreter des schnell weiter strömenden Planktons. Versiegt aber die Nahrungsquelle, also organische stickstoffhaltige Substanz aus Abwässern, so wird ihre Vermehrung sistiert, ihre zu Fäden bezw. Ketten aneinandergereihten Zellen lösen sich vom Substrate los, werden mit der Strömung weitergeschwemmt und bilden dann einen Bestandteil des Planktons; in diesem liefern sie den Beweis, daß oberhalb Verunreinigungen, je nach ihrer Menge starke oder geringe, stattgefunden haben. Die dünnfädigen Melosiren sowie die schlanken Diatomaarten sind dagegen Bestandteile der limnetischen Mikroflora.

Saprobe Protozoen werden bei der starken Wasserführung des Rheins und der schon wärmeren Jahreszeit im Plankton naturgemäß selten gefunden, so einzeln im Schiersteiner Profil Stentor coeruleus und einzelne Vorticellen. Im Uferbesatz kommen dagegen Kolonien der mesosaproben Vorticella campanula vor in Gemeinschaft mit Melosira varians und Diatoma vulgare.

Das Resultat der biologischen Untersuchung der Rheinstrecke von Waisenau bis Winkel bezw. Rüdesheim ist demnach folgendes:

Die von oberhalb her kommenden Verunreinigungen mit gelöster organischer Substanz drücken sich in dem Vorkommen von treibenden Fadenpilzflocken (Sphaerotilus natans) aus; je höher das Wasser steigt, und je mehr die Temperatur des Wassers zunimmt, desto mehr verschwinden die Pilze. Die Verunreinigung durch den Main besteht hauptsächlich aus suspendierten und gelösten Farbstoffen, teils auch aus Umsetzungsprodukten von Abfällen chemischer Fabriken (Schwefeleisen), sowie von Zellulosefasern aus den am Main gelegenen Holzstoffabriken. Farbstoffe werden auch aus

der Kalleschen Fabrik dem Rhein zugeführt zugleich mit stark sauren Abwässern, welche jedoch schnell durch das im Rheinwasser enthaltene Calciumkarbonat gebunden werden. Viel fäulnisfähige und faulende organische Substanz führt der Salzbach mit den Wiesbadener Abwässern dem Rhein zu. Selbst bei dem statthabenden Hochwasser sind die durch solche Stoffe bedingten saproben Organismen auf der rechten Flußseite im Plankton sowie im Uferbesatz noch bis Winkel nachzuweisen. Auf der linken Seite machen sich die Abflüsse von bewohnten Stätten nur auf ganz kurze Strecken unterhalb der Zuflüsse bemerkbar, selbst die der Stadt Mainz.

XII. Rüdesheim-Bingen.

1. Rüdesheimer Hafen, 8 ha groß. Sichttiefe in der Mitte 87.

a) Plankton: Zum größten Teile aus Asplanchna priodonta bestehend (Nahrung: meist Eudorina, auch Synura, weniger Diatomaceen und kleinere Rädertiere), viele enthalten auch Embryonen. Von anderen Rädertieren sind vorhanden: Anuraea cochlearis und aculeata, Polyarthra, Triarthra, Notholca striata, Synchaeta pectinata häufig mit Parasiten (Ascosporidien); ferner Eudorina, Synura, Oscillatoria agardhi, Botryococcus, Scenedesmus quadricauda, auch Cyclops und viele Nauplienformen, noch mehr Bosminen, einzeln auch Larven von Dreissensia polymorpha; Diatomaceen sind selten.

b) Bodengrund: Viel Schlamm, modrig riechend, meist aus „Rheinschlick“ bestehend, kein Kies; nach dem Absieben finden sich häufig Muscheln, lebende wie Schalen (Anodonta, Unio und Sphaerium, von Dreissensien meist Schalen), auch Gulnaria auricularia, alte wie junge Individuen, und rote Chironomuslarven.

2. Rüdesheim, Pontonbesatz, lange Strähnen von grünen Fadenalgen 30—50 cm lang mit dazwischen gelagerten roten Eisenhydroxydabscheidungen: Cladophora glomerata mit vielen Acineten, meist Acineta grandis, auch Sphaerotilusflöckchen; von Kieselalgen sind nur wenige vorhanden, meist Diatoma vulgare, ferner Tubificiden und Larven von Chironomiden.

In $^1/_2$ m Tiefe derselbe Befund, jedoch viel mehr Vertreter der gröberen Fauna, namentlich viele große Chironomuslarven, auch einige von Ephemeriden, ferner Stöcke von Spongillen, Die Cladophorabüschel enthalten hier mehr Sphaerotilus wie in den oberen Teilen; Kieselalgen sind häufiger, besonders die Ketten von Diatoma vulgare; Melosira varians, Nitzschia acicularis, Navicula cryptocephala, Rhoicosphonia und Acineten finden sich gleichfalls.

3. Bingen (anhaltender Regen, B. P. 2,13, Rhein weiter steigend), Pontonbesatz: Ähnlicher Befund wie in Rüdesheim, hier jedoch mehr Synedra ulna und Encyonema prostratum, ferner Epistylis umbellaria.

In Tiefe von $^1/_2$ m: Derselbe Befund, doch viel mehr Detritus verschiedener Art, einzeln auch Nematoden (keine Nitzschia acicularis).

XIII. Nahe. Sichttiefe 24.

a) Plankton unterhalb der Eisenbahnbrücke.

b) Plankton oberhalb, am Floßsteg mehr im Stauwasser.

Die beiden an verschiedenen Stellen des Naheflusses entnommenen Proben weisen in ihrer Zusammensetzung keinen wesentlichen Unterschied auf; vorwiegend ist organi-

scher (vegetabilischer, animalischer und undefinierbar) Detritus, der mit Salzsäure übergossen nicht aufbraust, auch keinen Schwefelwasserstoff entwickelt. Wenig Sphaerotilus, meist als Cladothrix dichotoma, viel Textilfasern besonders von Wolle, auch Stärke in Zersetzung, Insektenlarven mit Achlya-Besatz, Hüllen von Cyclops und Insekten; auch abgestorbene Kieselalgen sind häufig besonders Synedra ulna, Meridion circulare, Nitzschia sigmoidea und linearis, Pleurosigma attenuatum, Ceratoneis arcus, Cymbellen, Epithemien usw. auch zersetzte Ulothrix und Cladophora. Von lebenden Algen wenig Stigeoclonium, einzeln Volvox minor, Closterium acerosum, Staurastrum muticum, Pediastrum boryanum, Synura uvella und Oscillatoria limosa; von lebenden Kieselalgen: am häufigsten Synedra ulna, ferner Melosira varians und Diatoma vulgare in Ketten nicht selten, Nitzschia sigmoidea und palea, Fragilaria capucina, Navicula radiosa, Surirella splendida und biseriata, Cymatopleura elliptica, einzeln auch Melosira arenaria; von Protozoen: Arcellen und Difflugien, Cyphoderia margaritacea, ferner einzeln Aspidisca lynceus, Carchesium lachmanni und Vorticellen; von Rotatorien am meisten Euchlanis und Anuraea cochlearis, einzeln Lepadella ovalis und Diglena sp., ferner ein Glochidium, nicht selten Eier von Chironomiden, auch junge Larven, Nematoden, Cyclops und Nauplien.

Der Nahefluß zeigt noch an der Mündung eine mäßige Verunreinigung; da auch viel abgestorbene Organismen vorhanden sind, ist es möglich, daß weiter oberhalb schädliche Abwässer sie vernichtet haben.

Sonnabend, den 19. Mai 1906.

XIV. Profil Assmannshausen.

Morgens 7 ½ Uhr Temperatur der Luft 9,4°, des Wassers 14,1°, stark bewölkt, dann Regen.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 47.

a) Plankton: Viel organischer Detritus, wie in der Nahe, gleichfalls viel Textilfasern, Insektenhäute, Stärke usw.; auch viel mineralischer Detritus mit feinem tonigen, wie oberhalb im Rhein konstatiert. Cladothrix dichotoma und Sphaerotilus natans kommen vor, gleichfalls Oscillatorienbruchstücke, zersetzte Cladophora, Ulothrix und Closterien. Im typischen Rheinplankton sind die Dinobryen und Ceratien selten (durch die Verdünnung des Nahewassers), sonst noch Botryococcus, Cryptomonas ovata, Fragilaria capucina, Synedra ulna, Cymatopleura elliptica, Surirella splendida und biseriata, Melosira varians, Arcellen, Difflugien und einzeln Cyphoderia; von Rotatorien: neben einzelnen typischen Rheinrotatorien Euchlanis triquetra, Dinocharis tetractis und Synchaeteneier mit Borsten, ferner Cyclops, Nauplien, Bosminen, Chydorus und junge Larven von Chironomiden.

b) Flußboden: Cladophorabüschel und ein kleiner Rasen von Batrachospermum moniliforme, beide mit Sphaerotilus.

c) Flußboden in der Buhnennähe: Getreidekörner mit Saprolegnien, große Larven von Hydropsyche; einige Steine enthalten Belag von Oscillatoria chalybea und von Symploca muscorum, dazwischen viel Melosira varians und Diatoma vulgare, einzeln auch Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna, Coscinodiscusschale und Nematoden. Auf

und zwischen anderen Steinen finden sich pflanzliche Abfälle mit Sphaerotilusflocken, Larven von Hydropsyche, Ephemeriden und Chironomiden, im Detritus größere Kolonien von Vorticella campanula und die genannten Diatomaceen, gleichfalls Röhren von Encyonema prostratum sowie einzelne Spirogyra- und Ulothrixfäden. Schlammanhäufungen konnten bei dem stark strömenden Wasser nicht gefunden werden.

B. Strommitte. Sichttiefe 49.

a) Plankton: Mehr mineralischer Detritus wie auf der mit Nahewasser vermischten Seite auch mehr typische Rheinplanktonten, hier noch mehr Bruchstücke von Oscillatorien, auch solche von Oscillatoria limosa, Fragmente von Chantransia chalybea, Cryptomonas erosa; Rotatorien nicht sehr zahlreich, doch sind einzeln die meisten der oberhalb gefundenen Arten vertreten, im Detritus finden sich auch Rotifer und Actinurus; ferner junge Larven von Chironomiden, sowie auch Eier in fortschreitender Entwickelung; Cyclops und Nauplien wie immer, erstere mehr einzeln.

b) Flußboden: Nichts bei mehreren Zügen mit der Schlamm- sowie mit der Steindretsche.

C. Rechte Flußseite, noch deutlich rotbraun durch Mainwasser. Sichttiefe 46.

a) Plankton: Sehr viel mehr Rotatorien besonders Brachionus pala und Asplanchna priodonta (letztere in solchen Mengen wohl aus dem mit diesem Rädertier angereicherten Rüdesheimer Hafen stammend), auch Euchlanis ist nicht selten, mehr einzeln Brachionus rhenanus und bakeri, Notholca longispina und labis, sowie Rotifer und Actinurus; Pediastren und Scenedesmen mehrfach, Kruster wie oberhalb, gleichfalls auf der rechten Seite häufig Nematoden; Zellulosefasern finden sich nicht häufig. Von Diatomaceen sind neben den für die Jahreszeit typischen Rheinarten zu erwähnen: Nitzschia acicularis, Stephanodiscus hantzschi, Encyonema ventricosum, Navicula cryptocephala, Nitzschia palea, Diatoma vulgare und Melosira varians. Zu bemerken ist ferner, daß sich hier neben Sphaerotilusflöckchen auch noch Zoogloeen fanden, sowie schon abgeblaßte (ausgelaugte) nur noch schwach gelbliche Muskelfaserreste.

b) Flußboden: Nichts.

c) Uferbesatz: Cladophorabüschel und das fruktifizierende Moos Amblystegium riparium var. inundatum, dazwischen Ephemeridenlarven.

Der Unterschied auf den beiden Flußseiten macht sich deutlich bemerkbar; auf der linken Seite Verdünnung durch Nahewasser, d. h. Zurücktreten der typischen Rheinplanktonten gegen reichlichen Nahedetritus, viele Naherhizopoden und Cladothrix, auf der rechten Seite die hier oberhalb gleichfalls konstatierte Verunreinigung, auch noch Zoogloeen und sogar noch Nahrungsschlacken aus den Wiesbadener Abwässern. Das Mainwasser macht sich noch immer auf der rechten Seite durch eine braunrote Färbung kenntlich.

XV. Wispermündung und Umgebung.

1. Die Wisper führt ziemlich klares Wasser, sodaß die Sichttiefe im seichten Bachbett nicht zu bestimmen ist. Unterhalb der Mündung wird das Wisperwasser vom Rheinstrom an das flache Ufer gedrängt, sodaß es bis auf $^1/_2$ km sich durch

seine klare Beschaffenheit von Rheinwasser unterscheidet. Von 600 m ab erfolgt eine mehr gleichmäßige Mischung.

Reaktion: neutral, auch nach einer Viertelstunde. Plankton: Sehr viel organischer Detritus mit Textilfasern, Holzabfall, Pinuspollen usw. Sphaerotilus ist in geringer Menge vorhanden, auch in dichotomer Form, Rotatorien scheinen ganz zu fehlen; von Protozoen: Stentor roeseli einzeln, sonst noch Nematoden, junge Oligochaeten, Eier von Chironomiden; Krustazeen sind nicht aufzufinden, nur Häute von Cyclops. Von Algen: Fragmente von Chantransia, Closterium parvulum, viele in Zersetzung begriffene Fäden von Ulothrix zonata, von Kieselalgen am häufigsten Navicula cryptocephala und radiosa, ferner Synedra ulna, Nitzschia palea, acicularis und linearis, Fragilaria virescens, Cocconeis, wenig Melosira varians, Schalen von Meridion circulare, Gomphonemen usw.

2. Rhein, Flußboden unterhalb Lorcher Werth. Im Inselstau viel feiner Sand, in vier Zügen, nach dem Absieben gröberer Kies, alte Dreissensiaschalen und kleine Sphaeriumschalen, keine lebenden Mollusken; im engen Stau findet sich schwärzlicher Sand, schwach stinkend, mit Säure übergossen reichlich Schwefelwasserstoff entwickelnd, die überstehende Flüssigkeit hat eine gelbe Farbe (Eisen); hier ist der Sand gleichfalls azoisch. Etwas weiter am rechten Inselufer noch im Stau kleine Bestände von Sagittaria (nur Primärblätter) und Potamogeton pectinatus, auch Stöcke von Spongillen und große Larven von Chironomus plumosus.

3. Rechte Rheinseite, mehr der Wispermündung zu, Flußboden: viele Steine,

a) dieselben auf allen Seiten mit rotem Belag von Hildenbrandia rivularis,

b) mit vielen Röhren von Chironomidenlarven, auch einzelne von Hydropsyche, einige Gehäuse von Leptocerus, Gammuras pulex und Büschel von Cladophora glomerata,

Mikroskopischer Befund: Tubificiden, lange Röhren mit Eiern von Dipteren, einzelne Fäden von Ulothrix zonata; an einigen Stellen wieder Hildenbrandia.

c) mit Cladophorarasen, dazwischen auch etwas Sphaerotilus und viel Navicula cryptocephala,

d) derselbe Befund, auch viel Zellulosefasern, einzeln Hildenbrandia,

e) große Hydropsychelarven, Nephelis vulgaris, Gammarus pulex und Leptoceruslarven häufig, Hildenbrandia rivularis,

f) viel Cladophora mit obigen Befunden,

g) gleichfalls mit vielen Leptoceruslarven,

h) größeres Schlackenstück mit viel Hydropsychelarven,

i) Cladophorarasen mit größeren Sphaerotilusflocken und vielen Tubificiden.

Die Stauflächen unterhalb der Inseln scheinen günstig zu sein für Ablagerungen der schweren Schwebestoffe, wie von groben mineralischen Bestandteilen, Sand und dergl. aber auch von Schwefelmetallen, wie die Anwesenheit von Schwefeleisen auf der Ostseite des stromabwärts gelegenen Teiles des Lorcher Werths bezeichnet.

Die Wisper zeigt eine schwache Verunreinigung, welche sich durch die mikroskopische Untersuchung des Planktons feststellen läßt; es kommen aber nur oligosaprobe Organismen in Betracht, wie Stentor roeseli, Nematoden, Oligochaeten und Sphaerotilus

in ihrem einzelnen Vorkommen, viele Navicula cryptocephala, Nitzschia acicularis, Navicula radiosa u. a., sowie viel organischer Detritus.

XVI. Rheinstrecke und Inselstau unterhalb Bacharach.

1. Im Stau unterhalb der Insel. Flußboden: Fast alle Steine sind hier auf der Oberseite mit Cladophorafäden besetzt, zwischen welchen reichlich Larven von Hydropsyche, kleine von Chironomiden und große von Chironomus plumosus vorhanden sind, ferner Tubificiden, Nephelis und Gammarus pulex, an einzelnen Stellen findet sich stinkender Schlamm mit Laubabfall, hierin viele große rote Larven von Chironomus plumosus.

2. Bucht am Bacharacher Ufer. Flußboden: Viele Steine, fast alle mit rotem Belag von Hildenbrandia rivularis; hier sind Larven von Hydropsyche sehr häufig, ebenso Gammarus pulex; andere Steine enthalten wieder größere Cladophorabüschel mit einzelnen Sphaerotilusflocken, auch Cladophora in Zersetzung, schon farblos, mit Gomphonemen und Cocconeis, ferner Diatoma vulgare, Melosira varians, Synedra ulna, Navicula cryptocephala, Nitzschia palea, Encyonema ventricosum usw. Einzelne Cladophorafäden befinden sich in Sporulation; andere Steine geben denselben Befund wie auch noch Nematoden.

3. Cauber Werth. Flußboden im Inselstau: Hier findet sich viel angetriebener Sand, der an einzelnen Stellen von schwärzlicher Farbe ist und mit Säure übergossen viel Schwefelwasserstoff entwickelt, auch zwischen den Weiden ist der schwarze Schwefeleisenhaltige Sand häufig. Mit Algenflocken (Cladophora mit viel anhängenden Zellulosefasern) wird eine Libellulalarve erbeutet.

XVII. Profil St. Goar - St. Goarshausen.

Temperatur 4 $^1/_2$ Uhr: Luft 11,2°, Wasser 14,4°.

A. Linke Flußseite, St. Goar. Sichttiefe 55.

a) Plankton: Viel Tabellaria fenestrata in Sternen sowie in Kettenform, Sphaerotilus in kleinen Flöckchen, Oscillatoria limosa nicht selten, gleichfalls Oscillatoria agardhi; die Dinobryen finden sich vereinzelt, sonst noch Cryptomonas, auch noch große und zellenreiche Coenobien von Scenedesmus quadricauda, Pediastrum boryanum var., granulatum und genuinum. Rotatorien werden jetzt seltener, die nicht zum typischen Rheinplankton gehörenden Arten wie Notholca acuminata, striata und labis (aus dem Main stammend) treiben abgestorben, auch Hydatina senta, sowie Brachionus angularis, Brachionus pala ist lebend häufig, viele Eier (meist 5—6) tragend, Rotifer auch hier, ferner viele Diptereneier, Nauplien, Bosminen einzeln und Nematoden.

b) Flußboden: Fontinalis und Cladophoraflocken, auch schleimige Flocken, häufig Gammarus pulex, junge Perlalarven und Nephelis vulgaris. Mikroskopisch: Sphaerotilus, dazwischen Nematoden, Rotifer vulgaris usw. auch Spirogyrafäden.

c) Uferbesatz in der Spritzzone: Cladophora in $^1/_4$ m langen Strähnen, dazwischen Fontinalis mit vielen jungen Perlalarven. In $^1/_3$ m Tiefe ist die Cladophora mit vielen Diatomeen besetzt besonders mit Diatoma vulgare, auch Nitzschia linearis ist häufig und andere potamophile Arten wie Cymbella lanceolatum usw., sowie

Röhren von Encyonema prostratum, dazwischen Nematoden und auffallend viel Aelosoma quaternarium, welcher Wurm sonst mehr einzeln gefunden wird.

B. Mitte: Sichttiefe 56.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit reichlich Oscillatoria agardhi, auch Oscillatoria limosa in Bruchstücken ist wieder häufig, Sphaerotilus einzeln, die Dinobryen verringern sich auch in der Strommitte, Ceratium hirundinella in ziemlich gleicher Menge, aber immer einzeln; Tabellaria, Asterionella 4- und 8strahlig; die dünnfädigen Melosiren und die schlanken Synedren bleiben dagegen sehr zahlreich, ebenso Fragilaria crotonensis, zu wecher sich mehr Fragilaria capucina (Länge der Frustel 80 m) gesellt. Die nicht typischen Diatomaceenarten, wie Encyonema ventricosum, var. minuta, Nitzschia palea und besonders acicularis, Navicula cryptocephala und radiosa, Melosira varians, sowie einzelne Surirellen finden sich dagegen jetzt in fast allen Planktonfängen, rechts, links und in der Mitte, Ceratoneis arcus gleichfalls. Von Protozoen wird bei dem steigenden Wasser Arcella häufiger, auch Difflugien, selbst in der Mitte kommt nicht selten Stentor coeruleus vor. Von Rotatorien nimmt Asplanchna an Zahl ab, auch die Synchaeten, wenngleich die mit Borsten versehenen Eier der Synchaeta pectinata immer häufiger werden, aber freischwebend; angeklebt an Melosiren, wie in ruhigeren Wässern häufig, können sie im Rhein nicht aufgefunden werden. Brachionus pala ist nicht mehr so häufig, wie oberhalb, wird aber noch mit vielen angehefteten Eiern gefunden; Rotatorien-Eier sind überhaupt zahlreich im Plankton, Notholca longispina kommt etwas häufiger vor, auch Euchlanis triquetra, Rotifer vulgaris und besonders Actinurus neptunius, beide Verunreinigungen liebend, sind von unterhalb Assmannshausen an nicht selten; von typischen Rheinrotatorien kommen selten abgestorbene zur Beobachtung; Nauplien sind stets in gleicher Anzahl, viel mehr als Cyclops, Bosminen etwas weniger, Nematoden finden sich jetzt stets im Plankton, ferner lebende und abgestorbene Fäden von Stigeoclonium, Spyrogyren usw., die wohl durch das Hochwasser von dem Uferbesatz und aus den Buchten abgeschwemmt sind, wie auch Oscillatoria limosa usw.

b) Flußboden: Cladophorabüschel teils von dunkelgrüner Farbe, teils von hellgrüner (mit dünnwandigen Zellen), dazwischen Hydropsychelarven auch solche von Perliden und Ephemeriden, sowie Gammarus pulex, Nephelis vulgaris und junge Exemplare von Sphaerium corneum. Sand und Steine werden mit der Dretsche nicht gehoben.

C. Rechte Flußseite, St. Goarshausen. Sichttiefe 48.

Hier ist von einer roten oder braunen Färbung des Rheinwassers nichts mehr zu bemerken; dasselbe hat eine graugrünliche Färbung (grau vom vielen mineralischen Detritus, grünlich wohl Reflex von den bewachsenen Höhen), die Sichttiefe ist hier freilich geringer, als in der Mitte und auf der linken Seite.

a) Plankton: Wie in der Strommitte, jedoch ist hier Euchlanis viel häufiger, Asplanchna nimmt dagegen ab, Rotifer und Actinurus und Oscillatoria tenuis und limosa in Bruchstücken nicht selten, Sphaerotilus hier mehr in dichotomer Form, auch einzelne Stärkeballen; Zellulosefasern treten auf der rechten Flußseite wieder häufiger auf, von Algen besonders Scenedesmen, einzeln Gonium pectorale, Sphaerotilus,

Chantransia meist abgestorben; Diptereneier treiben jetzt noch häufiger im Rhein; in das Planktonnetz war auch ein junges Weißfischchen geraten.

b) Flußboden: Befund wie in der Mitte, Larven und Hydropsyche, viel Gammarus, Nephelis sowie helle und dunkelgrüne Cladophorabüschel, letztere hier jedoch mit Sphaerotilus durchsetzt, auch mit Zellulosefasern, seltener Textilfasern. Die helleren Flocken enthalten viel Fettröpfchen. Mikroskopisch: In den Cladophora-Rasen viel Acineta grandis, Ulothrix zonata und subtilis mit vielen Schwärmern, Philodina roseola nicht selten, einzelne Tubificiden und Nematoden, ferner vereinzelt Macrobiotus; von Diatomaceen besonders Ketten von Diatoma vulgare, Synedra ulna und den anderen oben genannten Arten.

c) Pontonbesatz in der Spritzzone: 23 cm lange Cladophorasträhnen mit Ablagerungen von Eisenoxydhydrat, dazwischen viele Chironomiden-Larven, auch solche von Hydropsyche, Perla, sowie von Ephemeriden, Gammarus pulex einzeln. $^1/_4$ m tief findet sich viel mehr Detritus und in Zersetzung begriffene Chantransia, dazwischen viele Tubificiden und Diatomaceen.

Im Flußquerschnitt St. Goar-St. Goarshausen haben sich viele der noch bei Aßmannshausen auf beiden Seiten getrennten Organismenarten auf die Mitte, sowie auf beide Seiten verteilt. Die saproben Protozoen und Rotatorien, welche bisher strenge die rechte Rheinseite charakterisierten, sind durch die starke Wasserführung des Rheins auch in die Mitte gelangt, etwas weniger auf die linke Seite. Die nicht für den Rhein typischen Arten (die Main-Notholcaarten, Brachionus angularis u. a.) scheinen abzusterben.

Über den Wechsel der im Plankton, im Uferbesatz und auf dem Flußgrunde vorkommenden saproben Organismen kann erst nach Beendigung der Rheinuntersuchung bei verschiedenen Wasserständen und Jahreszeiten ein Urteil gefällt werden.

XVIII. Lahn.

21. Mai mittags 12 Uhr. Temperatur: Luft 15,2°, Wasser 11,9°. Reaktion: neutral. Sichttiefe im Strom 23, in der Schleusenbucht 38.

a) Plankton: Das Sediment entwickelt mit Säuren keinen Schwefelwasserstoff.

Viel brauner, meist organischer Detritus mit Textil- und Zellulosefasern, Moosfragmenten, Alonapanzern, Resten von Insektenlarven und Insektenhäuten usw., auch gelben Muskelfasern. Cladothrix wenig, gleichfalls Chantransia-, Oscillatoria- und Cladophorafragmente, auch Ulothrix zonata, Closterium acerosum, leibleini und lunula und Cryptomonas ovata. Von Diatomaceen vorwiegend Melosira varians, ferner einzeln Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna, auch abgestorbene nicht selten, Cymatopleura solea, Fragilaria capucina und Surirella splendida; von Protozoen: Arcella, Difflugia pyriformis und Vorticella convallaria; von Rotatorien vorwiegend Euchlanis triquetra, einzeln noch Dinocharis pocillum und Diglena catellina; Nauplien, Eier von Chironomiden, Nematoden und einzelne kleine Oligochaeten.

b) Flußboden in der Schleusenbucht: Schwärzlicher Schlamm, nicht stark stinkend, mit Säure geringe Schwefelwasserstoffreaktion; gesiebt: Pflanzlicher Abfall, Schalen von Sphaerium und Bythinia, abiotisch. Flußboden in der Strommitte: Größere Steine ohne Besatz.

Die Lahn zeigt eine nur geringe Verunreinigung. Nach dem reichlichen Vorkommen der Melosira varians zu urteilen, scheint weiter oberhalb eine stärkere Verschmutzung stattgefunden zu haben, nach den Zellulosefasern vielleicht aus Zellulosefabriken.

XIX. Stiller Rheinarm bei Oberwerth.

Seit der letzten Untersuchung (Oktober) ist hier nicht mehr gebaggert worden; die Schleuse oberhalb steht noch offen, doch findet ein nur geringer Durchstrom statt; die Sichttiefe 150 m oberhalb der nördlichen Inselspitze beträgt 99 cm.

a) Plankton an dieser Stelle: Wenig organischer Detritus, der mineralische fehlt fast ganz.

Am häufigsten sind Eudorina elegans, Oscillatoria agardhi und Uroglena volvox, Ceratium hirundinella ist nicht selten, mehr einzeln Synura uvella und Dinobryon, auch Pandorina, sowie Scenedesmus quadricauda; dagegen sind recht häufig die Kieselalgen, besonders Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis und Synedra delicatissima, etwas weniger Melosira tenuis und ambigua, Tabellaria fenestrata, Cyclotella comta und meneghiniana, wenig Melosira varians, Cymatopleura solea, Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna, Ceratoneis arcus usw. Von Protozoen: Tintinnidium fluviatile, Stentor igneus und roeseli; von Rotatorien: Polyarthra platyptera und Anuraeen häufig, auch Anuraea aculeata sowie Brachionus pala, alle häufig mit Eiern, ferner Notholca longispina, Euchlanis, Gastropus stylifer, Asplanchna priodonta, Triarthra longiseta und Conochilus unicornis; von Krustazeen: häufig große Bosminen, auch Cyclops und Nauplien.

b) Erster Dretschezug nahe der Landseite: Schwarzer Schlick, schwach stinkend, mit Säuren Schwefelwasserstoffreaktion, gesiebt: Fontinalisfragmente und anderer pflanzlicher Abfall, Diatomeen meist abgestorben, namentlich Synedra ulna var. splendens, lebend Nitzschia sigmoidea, wenig Sphaerotilus, meist in dichotomer Form, einzeln Beggiatoa-Fäden.

Etwas oberhalb: Bestände von Potamogeton perfoliatus ohne besonderen Besatz.

Zweiter Dretschezug 80 m oberhalb der Inselspitze, mehr der Insel zu: Anodonten, ausgewachsene und junge, letztere häufig, Unio batavus einzeln, Sphaerium rivicolum, Dreissensia polymorpha, Valvata piscinalis, Bythinia tentaculata, beide einzeln, Lithoglyphus naticoides häufig, die meisten Exemplare dieser sonst nicht häufigen Wasserschnecke mit Laich belegt von der eigenen Art, Lithoglyphuslaich befindet sich auch auf einzelnen Dreissensien, welche wieder auf Anodonten haften. Gammarus pulex nicht selten, große Larven von Chironomus plumosus und anderen Chironomiden, sonst noch pflanzlicher Abfall, wie modernde Blätter, auch Schlick.

Dritter Dretschezug 50 m weiter oberhalb: Steine mit vielen Dreissensiaklumpen, die meisten der gehobenen Steine sind auf der Oberfläche damit besetzt; sonst nur wenig andere Mollusken, da der Schlamm sich stärker schwefeleisenhaltig erweist; es zeigen auch einzelne Steine schwarzen Belag von Schwefeleisen.

Vierter Dretschezug in der Nähe des Gitters (Sichttiefe = 96 cm) ungefähr 2 km unterhalb der Schleuse: Gleichfalls schwefeleisenhaltiger Schlick mit pflanzlichem

Abfall und nur wenigen Individuen von Lithoglyphus und kleinen Planorben; im Schlamm leben Nematoden, auch wenig Nitzschia linearis.

c) Plankton in der Nähe des Gitters: Dieselben Organismen wie unterhalb, jedoch mehr Stentor igneus und roeseli, einzeln auch Stentor polymorphus, von Rotatorien noch einzeln Rotifer vulgaris und Actinurus, Brachionus angularis und Synchaeta grandis, Asplanchna mehr einzeln, von Algen noch Chroococcus limneticus, Closterium acerosum, Pediastrum boryanum und Scenedesmus obliquus; von Diatomaceen Stephanodiscus hantzschi und Fragilaria capucina; auch Chironomiden-Larven und Eier sind nicht selten; bemerkenswert ist noch das Vorkommen von Jugendformen, Cercarien, Bucephalusstadium von Gasterostomen, die im erwachsenen Zustande im Darm von Fischen schmarotzen.

Sichttiefe an der Inselspitze im Rheinwasser 53 cm.

Dieser im Stau befindliche Rheinarm ist stark mit Schwebewesen angereichert, besonders mit pflanzlichen. Trotzdem der Grund mit teilweise schwefelwasserstoffhaltigem Schlamm bedeckt ist — es findet sich viel Schwefeleisen und der Schwefelpilz Beggiatoa — hat es hier auch die Molluskenfauna, Muscheln wie Schnecken, zu einer sehr reichen Entwicklung gebracht.

XX. Rhein bei Coblenz.

Montag, den 21. Mai. Morgens 8 Uhr: Temperatur der Luft 12,3°, des Wassers 13,2°, bewölkt. Coblenzer Pegel 2,82.

1. Landungsponton, Besatz: Algenflocken von 49—50 cm Länge.

Cladophora glomerata mit vielen Ketten von Diatoma vulgare, auch Röhren von Encyonema prostratum, ferner nicht selten Pleurosigma attenuatum, Melosira varians, Rhoicosphenia curvata usw., dazwischen Vorticellen und wenige Kolonien von Carchesium lachmanni, ebenso Sphaerotilusflöckchen. Besatz in $^1/_4$ m Tiefe: Derselbe Befund, nur ältere Äste von Cladophora und mit reicherem Besatz von Diatomaceen (viel Gomphonemen, wie olivaceum, angustatum u. a.) auch mit Leptothrix, ferner noch Chantransia-Rasen mit einzelnen Tubificiden, Chironomiden-Larven und Nematoden, auch Polster von Plumatella repens. Eine Perla bicaudata ist eben ausgeschlüpft.

2. Coblenzer Schiffbrücke, untersucht am 22. Mai bei 3,49 Coblenzer Pegel morgens 8 Uhr. Der Rhein steigt weiter und sind die Proben bei der starken Strömung schwer zu entnehmen, zumal das Schiff nicht mehr zur Verfügung steht. Der Befund ist dem vom Landungsponton tags vorher entnommenen ähnlich; die Unterschiede auf beiden Flußseiten haben sich durch das andauernde Hochwasser mehr und mehr verwischt.

XXI. Mosel.

Temperatur am 21. Mai mittags 12 Uhr: Luft 15,3°, Wasser 13,0°. Reaktion des Wassers neutral.

A. Linke Flußseite, unterhalb der Brücke: Sichttiefe 44.

a) Plankton: Sehr viel organischer Detritus mit Textilfasern und anderen Abfällen, auch Pinuspollen häufig. Von Planktonten: Synura uvella, Dinobryon sertularia, Pandorina morum, alle mehr einzeln, ebenso Pediastrum boryanum, Closterium acerosum, Cladophorafragmente, meist abgestorben; Asterionella gracillima meist vierstrahlig nicht

selten, einzeln Melosira crenulata var. tenuis, Melosira varians, Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna var. splendens, Stephanodiscus hantzschi, Fragilaria capucina und construens var. venter, Nitzschia linearis, Cymatopleura solea und elliptica, Encyonema prostratum und viele Schalen von Synedra ulna var. splendens, sowie auch einzeln von Pleurosigma attenuatum, Cymbella cymbiforme, Navicula radiosa usw. Von Protozoen: Arcellen, Difflugien und abgestorbene Euglypha; Rotatorien einzeln: Euchlanis, Anuraea cochlearis, Notholca striata und labis, wenig Nauplien, junge Larven von Chironimiden, Nematoden, Spiculae.

Mit Säuren gibt das Planktonsediment weder Reaktion auf Schwefelwasserstoff noch Aufbrausen von Kohlensäure.

b) Flußboden: Steine häufig mit rotem Belag von Hildenbrandia rivularis, dazwischen Unio batavus und Dreissensia polymorpha, Neritina fluviatilis, Schalen von Unio und Paludinen; andere Steine mit reichem Besatz von Chironomiden-Larven und solchen von Hydropsyche, seltener von Perla und Leptocerus, ferner Gammarus pulex.

B. Flußmitte, Sichttiefe 45.

a) Plankton: Kein Unterschied mit dem auf der linken Seite gefischten.

b) Flußboden, viele Steine besetzt mit

1. Cladophora und Detritus, meist organischem,
2. Dreissensia polymorpha,
3. Eikapseln von Neritina und Nepheliskokons,
4. Cladophora mit vielen Nematoden und zusammenhängenden Zellulosefasern (faulendes Papier),
5. Hildenbrandia rivularis, diese Alge findet sich fast auf allen Seiten,
6. Larven von Chironomus und Hydropsyche,
7. wenig Belag von Schwefeleisen.

C. Rechte Flußseite, unterhalb der Coblenzer Siele; Sichttiefe: 49 cm.

Die Regenauslässe sind nicht in Tätigkeit, deshalb wird die Sichttiefe hier etwas größer als auf der linken Seite bei Lützel-Coblenz gefunden.

a) Plankton: Organismen wie auf der linken Seite, jedoch hier nicht selten kleine Monaden, auch noch mehr organischer brauner Detritus mit vielen Häuten von Insektenlarven.

b) Flußboden, untersucht in drei Dretschezügen an den Kanälen entlang:

1. Steine mit Larven von Chironomiden und von Hydropsyche, Nepheliscocons, Gulnarialaich,
2. Schlackenstücke, in den Höhlungen häufig Hydropsyche,
3. Steine mit braunen Flocken: Zellulose- und Textilfasern, mit vielen Nematoden, kein Sphaerotilus,
4. Steine mit wenig Schwefeleisenbesatz, Larven von Hydropsyche und Chironomiden, Gammarus fluviatilis,
5. Steine mit rotem Belag von Hildenbrandia,
6. Steine mit Spongillen in der Entwicklung,
7. Steine mit Cladophora und Nematoden, viel Nitzschia palea, einzeln Pleurosigma attenuatum, auch etwas Mucor.

Eine Verschmutzung der Mosel ist zur Zeit nicht nachzuweisen. Nur einzelne im Plankton gefundene Diatomaceenarten (wie Melosira varians, Stephanodiscus hantzschi, Encyonema prostratum and andere) zeigen eine stattgehabte Verunreinigung an, in ihrem einzelnen Vorkommen aber nur eine geringe. Auch unterhalb der Siele ist keine in Betracht kommende Verschmutzung zur Zeit festzustellen. Die im Oktober häufig gefundene chlornatriumhaltiges Wasser liebende Bacillaria paradoxa wird jetzt nicht aufgefunden, wie es Berichterstatter der Jahreszeit entsprechend auch vermutet hatte (vergl. Oktobergutachten).

XXII. Buchten an der linken Flußseite vor der Mündung.

1. Hellinghafen.

a) Plankton: Im Gegensatz zur Mosel hier nur wenig Detritus, sonst Organismen wie im Moselplankton, jedoch viel mehr Euchlanis, auch mehr Anuraeen, sowie die Varietät tecta, Synchaeta tremula und Dinocharis tetractis; von Algen nicht selten Pandorina, Gonium und Synura, auch Pediastren, Scenedesmen und einzelne Dinobryen, viele Häute von Cyclops, lebende Nauplien vereinzelt, mehr Bosminen sowie deren Häute, auch Spiculae; von Kieselalgen ist Asterionella vier- und achtstrahlig nicht selten, Fragilaria capucina (Frusteln 43 μ), Synedra delicatissima (214 μ).

2. Laichschonrevier[1]). Erstes Becken:

a) An der einen Seite angetriebene grünliche Schwimmschicht: Cladothrix dichotoma, viel Oscillatoria limosa und anguina, seltener tenuis, einzeln splendida, mehr Merismopedium glaucum in einzelnen kleinen Verbänden häufig, Euglena viridis nicht selten, viele Kieselalgen besonders Cymatopleura solea, einzeln auch elliptica, Navicula cryptocephala und rhynchocephala, Nitzschia palea, communis, linearis und sigmoidea, mehr einzeln acicularis, Encyonema ventricosum, Synedra ulna var. splendens, Pleurosigma attenuatum, Melosira varians, Stephanodiscus hantzschi, Cocconeis, Microneis, Amphora; von Protozoen: Monaden; von Rotatorien: Monostyla und Rattulus, Cyclops und Nematoden.

b) Plankton: Hauptsächlich Dinobryon, fast als Dinobryon-Plankton zu bezeichnen, besonders mit der Art Dynobryon cylindricum var. divergens, seltener die anderen Arten, auch Pandorina ist häufig, Eudorina seltener, einzeln Pediastren und Closterium acerosum, sowie Oscillarien- und Spirogyra-Fäden, von Diatomaceen Fragilaria capucina, einzeln virescens, ferner einzeln: Melosira crenulata var. tenuis, Nitzschia palea, Diatoma elongatum var. tenue, Naviculaarten u. a.; Difflugia hydrostatica, Arcella vulgaris, Tintinnidium fluviatile, mehr Codonella lacustris, einzelne Stöcke von Vorticella campanula, von Rotatorien Asplanchna priodonta, Synchaeta pectinata, Anuraea aculeata mit ziemlich langen Dornen, Polyarthra, Triarthra, Brachionen usw.; Bosminen, Cyclops und Nauplien.

---

[1]) Das Laichschonrevier ist eingerichtet, um das Moselbett einzuengen; es verfolgt aber auch den Zweck, Laichplätze für die Fische zu schaffen. Im ganzen sind fünf Becken eingerichtet, die durch tiefliegende Rohre miteinander verbunden sind, so daß bei Niederwasser die Fische sich aus dem oberen in die tiefer gelegenen flüchten können. Die einzelnen Becken sind wieder mit dem Flusse verbunden.

2. Zweites Becken, mehr dem Rheine zu.

a) Schwimmschicht: Dieselben Diatomaceenarten, auch noch Navicula cuspidata und radiosa; von Protozoen noch Lionotus fasciola und Lacrimaria, hier mehr Cyclops und Nauplien, auch Canthocamptus, von Ostracoden nur Panzerreste; sonst noch Anabaena oscillarioides, jedoch keine Euglena viridis.

b) Plankton: Kein wesentlicher Unterschied mit dem aus dem ersten Becken.

Auch bei diesen stillen Buchten zeigt sich eine Anreicherung von solchen Lebewesen, welche das Mosel- wie das Rheinwasser enthält und ihnen zuführt; in diesem Falle sind nicht die gleichen Organismen zur stärkeren Entwicklung gekommen, wie in den oberhalb gelegenen Buchten, sondern vorzugsweise gelbe Flagellaten (Dinobryen), es fehlen aber auch die grünen (Pandorina) nicht, ebensowenig sind Protozoen, Rotatorien und Crustaceen selten; außerdem bilden Grundformen gewisser Algengruppen, Oscillatoria-Diatomaceenfilze, durch Assimilationsgase an die Oberfläche gehoben, hier mit ihren zahllosen Vertretern umfassende Schwimmschichten, welche später verteilt und schließlich in den Rhein gespült, als Sauerstoffproduzenten sowie auch für die direkte Aufnahme gelöster organischer Substanz von Wichtigkeit sind. Viele der hier festgestellten Arten finden sich auch im Besatz der an den Pontons und an den Ufersteinen wuchernden Algenrasen und -strähnen und vermehren sich hier je nach ihnen zusagenden Lebensbedingungen.

XXIII. Rheinprofil oberhalb Niederwerth.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 44 cm (genau dieselbe wie in der Mosel).

a) Plankton, an der Oberfläche: Sehr viel brauner organischer Detritus, sehr ähnlich dem in der Mosel gefundenen, Sphaerotilus ganz vereinzelt, Eudorina und Pandorina nicht häufig, mehr Pediastren, von Diatomaceen noch Melosira tenuis, Cymatopleura solea und elliptica, Nitzschia sigmoidea und acicularis, Fragilaria capucina und Schalen von Synedra ulna, Nitzschien, Cymbellen, Navicula radiosa u. a., Rotatorien mehr einzeln wie Anuraea chochlearis und Euchlanis, ganz einzeln Polyarthra, Triarthra, Dinocharis, Synchaeta, Brachionus, Rotifer und Notholca acuminata lebend und abgestorben; Nauplien nicht selten, einzeln Cyclops und Bosmina, junge Larven von Chironomiden, Chironomideneier und Larvenhäute. Oligochaeten einzeln, ebenso Nematoden.

Plankton in $1^1/_2$ m Tiefe: Noch mehr brauner organischer Moseldetritus mit Textilfasern und Stärkekörnern, hier mehr Pandorina, Synura uvella, Dynobryen, Asterionella, Arcella und Difflugia pyriformis, noch weniger Rotatorien, von diesen besonders Euchlanis, doch mehr Nematoden, lebende und abgestorbene; auch wieder junge Larven von Chironomiden, Oligochaeten, Moosfragmente und zersetzte Ulothrix-Fäden.

b) Flußboden:

1. Schlacken häufig mit Larven von Hydropsyche,

2. Steine mit vielen jungen Larven von Dipteren und Trichopteren, so auch von Hydroptila, junge Clepsinen, Ancylus fluviatilis und Eikapseln von Neritina.

B. Strommitte. Sichttiefe 52 cm.

a) Plankton: Sehr viel mineralischer Detritus, Sphaerotilus nur in mikroskopisch kleinen Flöckchen, meist zu Fäden verteilt, Oscillatoria agardhi ziemlich häufig, gleichfalls Eudorina, weniger Pandorina, Dinobryon cylindricum var. divergens einzeln, Ceratium hirundinella gleichfalls, dünnfädige Melosiren und schlanke Synedren, namentlich Synedra delicatissima var. meloleia, Tabellaria fenestrata asterionelloides, Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis, Cyclotella comta und meneghiniana, Synedra ulna var. splendens, Stephanodiscus hantschi, Nitzschia acicularis, Melosira varians, Encyonema ventricosum, Ceratoneis arcus, Microneis, Naviculeen usw., von Rotatorien sind Asplanchna priodonta und Brachionus pala am häufigsten, mehr einzeln Anuraea cochlearis mit Varietäten, Brachionus urceolaris und angularis, Polyarthra, Euchlanis, Triarthra sowie Anuraea aculeata (einzelne Individuen mit divergierenden Hinterdornen), einzeln kommt auch hier Rotifer vulgaris vor, ferner Nauplien, Cyclops, Bosminen und Chironomideneier.

Plankton, in $2^1/_2$ m Tiefe entnommen: Dieselben Organismen, doch mehr Detritus mit Arcellen, auch Oscillatoria agardhi ist ziemlich häufig mit Trichomen von $1^1/_4$ mm Länge, viel Bruchstücke von Oscillatoria limosa und auch von Phormidium, Insektenhäute, abgestorbene Euchlanis usw.

b) Fußboden: Steine und wenig Schacke, kein Sand, Fauna wie auf der linken Seite, doch viel weniger reich, auf einzelnen Steinen Cladophorabüschel.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 43 cm.

a) Plankton: Wie in der Strommitte, doch hier noch einzelne Zellulosefasern sowie mehr zersetzte Cladophora- und Ulothrix-Fäden, Synura uvella einzeln, Stentor polymorphus nicht selten, einzeln Vorticella campanula und Chydorus sphaericus.

Das Planktonsediment gibt mit Salzsäure keine Schwefelwasserstoffreaktion, jedoch Gelbfärbung durch Eisen.

b) Flußboden: Steine und Sand; in den Vertiefungen der größeren Steine Larven von Hydropsyche durch Gespinste abgeschlossen, leere Gehäuse von Leptocerus u. a. Larven, Cladophorabüschel, sonst wie in der Flußmitte. Der schwärzliche Belag auf einem Stein gibt mit Säure keine Reaktion auf Schwefelwasserstoff.

Auf der Strecke Weisenau-Mainz bis Coblenz-Niederwerth sind mit Ausnahme der Zuflüsse des Mains und des Salzbaches und den von oberhalb zuströmenden Verschmutzungen andere Verunreinigungsquellen von ganz unwesentlicher Wirkung auf den Rhein. Bei dem Hochwasser verwischen sich die Unterschiede in dem Auftreten gewisser Leitorganismen für die Verunreinigung mit fäulnisfähigen und faulenden Stoffen an den verschiedenen Flußstellen natürlicherweise recht sehr, obgleich eine bald hier bald dort stattfindende Zufuhr von geringen Abwassermengen trotz des hohen Wasserstandes stets festzustellen war. Wie die für die endgültige Beurteilung und Bewertung der einzelnen Organismen notwendige Aufzählung derselben beweist, hat sich das mikroskopische Bild des Planktons während der Dauer der Untersuchung nicht wesentlich geändert; die aus dem Main und dem Salzbach zugeführten niederen Pflanzen und Tiere, die sich dort, wo sie wieder zusagende Lebensbedingungen finden, sogar bedeutend vermehren konnten, haben schließlich wieder den für die Jahreszeit typischen Rheinplanktonten Platz gemacht, so daß das Plankton schließlich bei Nieder-

werth in der Strommitte und rechts eine ähnliche Zusammensetzung zeigt, wie bei Weisenau; auf der linken Seite oberhalb Niederwerth wird fast ausschließlich Moselwasser konstatiert.

Die Pilzbildung, welche durch oberhalb der untersuchten Strecke in den Rhein gelangte Abwässer entstanden war, ist unterhalb Coblenz im Rheinwasser ziemlich verschwunden, wie schon bemerkt infolge der steigenden Temperatur des Flußwassers, ferner weniger zum Ausdruck kommend infolge der größeren Verdünnung durch namentlich im Gebiet des Oberrheins niedergegangene Regengüsse. Daß aber auch unzählige Vertreter der niederen Fauna bestrebt sind, die am Grunde und im Uferbesatz noch haftenden Pilzmassen zu vertilgen, ist auf dem ganzen Gebiete fast bei jedem Dretsche- und Pfahlkratzerfange festgestellt worden.

Die große Wichtigkeit der stillen Rheinarme, -Buchten, -Häfen usw. für die Selbstreinigung des Flusses wird von neuem erkannt und soll, den verschiedenen Jahreszeiten entsprechend, bei den noch folgenden Untersuchungen weiter eruiert werden.

Es sei schließlich noch bemerkt, daß bei dem steigenden Hochwasser die Sichttiefe eine geringere wird, da nicht bloß durch die Regengüsse mehr erdige Bestandteile direkt in den Rhein sowie in seine Nebenflüsse geschwemmt werden, sondern auch wohl durch die viel stärkere Strömung (durch das Rollen des Kieses im oberen Laufe des Rheins) sich mehr Detritus vom Rheinkies bildet. Die Sichttiefe ist im Verlauf von zehn Tagen von durchschnittlich 64 cm bei Weisenau bis auf 43 cm bei Niederwerth heruntergegangen. Die Nebenflüsse Nahe und Lahn zeigen eine Sichttiefe von nur 23 cm, Main und Mosel eine höhere.

Der aus dem Main zugeschwemmte viel Schwefeleisen enthaltende organische Detritus ist durch das Hochwasser schneller fortgespült worden; er konnte bei Niederwerth selbst auf der rechten Seite (durch die einfache chemische Reaktion) nicht mehr nachgewiesen werden. Die anderen Nebenflüsse erweisen sich frei von Schwefeleisen.

An den von der starken Strömung nicht berührten Stellen unterhalb der Inseln bei Bacharach und Caub hat sich dagegen viel Sand abgelagert, welcher reichliche Mengen von Schwefelverbindungen enthält.

Bericht über die Ergebnisse der 3. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz vom 9.—22. August 1906.

Von

Professor **Dr. R. Lauterborn.**

Einleitung.

Während die großen Ströme Norddeutschlands zur Zeit der sommerlichen Dürre meist recht wasserarm zu sein pflegen, verhält sich der Rhein, und ganz besonders der Oberrhein, gerade entgegengesetzt. Er hat seinen niedersten Stand im Winter, in den Monaten Januar und Februar, weil um diese Zeit in seinem Quellgebiete, den Hochalpen, die Gewalt des Frostes das flüssige Element in starre Fesseln schlägt. Mit Eintritt der wärmeren Jahreszeit ändert sich jedoch das Bild. In unzähligen Rinnsalen stürzt das Schmelzwasser der Gletscher und Schneefelder zu Tal, füllt Bäche und Flüsse mit trüben Fluten und schwellt die Spiegel der Seen, welche den Nordabfall der Alpen umsäumen. Der Bodensee und weiterhin jene Seen, welche die schnellfließende Aare entwässert, vom Züricher bis zum Neuenburger See — sie alle wirken als gewaltige natürliche Stau- und Klärbecken: sie sammeln und speichern die Zuflüsse, sie klären sie durch Sedimentierung der eingeführten Sinkstoffe und führen ihre Wassermassen langsam dem Rheine zu. So steigt in diesem der mittlere Pegelstand immer mehr, je weiter im Laufe des Sommers das Abschmelzen der Gletscher fortschreitet, bis schließlich im Juni und Juli der Höhepunkt erreicht ist. Mit der schwindenden Wärme gegen den Herbst zu folgt dann wieder ein allmähliches Sinken, das bis gegen den Februar anhält.

Diese Abhängigkeit des Pegelstandes des Oberrheins vom Abschmelzen der Gletscher im Hochgebirge tritt am schärfsten im oberen Laufe des Stromes in Erscheinung, also da, wo derselbe hauptsächlich von alpinen Gewässern gespeist wird. Weiter abwärts, etwa von der Mündung des Neckars und des Maines an, verwischt sich der Einfluß schon mehr, da diese beiden Flüsse im Mittelgebirge entspringen und darum ihre größten Wassermengen gerade im Winter und Frühjahre dem Hauptstrome zuführen, was dessen Pegelstand dann natürlich entsprechend beeinflussen muß.

Sehr anschaulich treten diese Verhältnisse hervor in folgender Tabelle:

Tabelle der mittleren Pegelstände des Oberrheins[1]).

Monat	Basel	Kehl-Straßburg	Maxau	Mannheim	Mainz
Januar	106	254	348	402	142
Februar	104	252	345	391	148
März	124	269	364	413	155
April	163	303	398	437	158
Mai	205	343	438	479	171
Juni	251	385	484	530	201
Juli	244	379	475	521	194
August	225	360	453	494	175
September	192	328	419	456	150
Oktober	160	300	383	420	138
November	135	276	368	403	127
Dezember	122	268	367	412	145

Ich habe die besonderen hydrologischen Verhältnisse des Oberrheins auch an dieser Stelle gestreift, weil sie meines Erachtens kaum ohne Einfluß auf den Verlauf der Selbstreinigung sein dürften. Ganz besonders bei den organischen Abwässern. Halten wir uns vor Augen, daß bei diesen die Fäulnisgefahr in der wärmeren Jahreszeit gegenüber der kälteren um ein ganz bedeutendes erhöht ist, weil der Sauerstoffgehalt des Wassers mit steigender Temperatur sich vermindert, so kann es nur als günstiges, die Selbstreinigung förderndes Moment erachtet werden, wenn um diese Zeit im Oberrhein die Wasserführung und damit auch die Stromgeschwindigkeit derart gesteigert sind, daß die Abwässer stärker verdünnt und rascher stromab verteilt werden als im Winter.

I. Rheinstrecke Basel-Neuenburg.

Ein ziemlich hoher sommerlicher Wasserstand charakterisiert also den Verlauf der dritten biologischen Untersuchung des Oberrheins in den Tagen vom 9. bis 22. August 1906. Wie bei den früheren Fahrten begannen die eigentlichen Untersuchungen erst 3 km unterhalb Basel, auf deutschem Gebiete bei der Rheinbrücke von Hüningen.

Rhein bei Hüningen (9. August 1906).

Pegel: Morgens 9 Uhr: 275 cm. (Am 8. August ebenso.) Temperatur des Wassers: 20,1° C, der Luft 19,6° C.

Das Wasser des Stromes erschien grüngrau, an beiden Ufern getrübt, ganz besonders stark an dem rechten. Hier zog sich von Kleinbasel aus ein dunkler Schmutzstreifen her, welcher bei der Hüninger Brücke eine Breite von etwa 35 m aufwies und in der Intensität der Verschmutzung von 8½ Uhr bis gegen 10 Uhr noch beträchtlich zunahm. Auch in der Mitte des Stromes ließ sich eine Veränderung in

[1]) Die Pegelhöhe ist in Zentimetern über dem Nullpunkt angegeben. Die Angaben stammen aus dem Werke: Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse. Herausgegeben vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden Berlin 1889.

der Farbe des Wassers konstatieren. Gegen 9½ Uhr nahmen hier die vorher grüngrauen Fluten rasch eine sehr lebhaft gelbgrüne Farbe an, die im Verlauf einer halben Stunde allmählich wieder abblaßte. Nach Aussage des Brückenmeisters soll diese Erscheinung fast jeden Morgen zu beobachten sein. Es dürfte sich hier jedenfalls um Abwasser aus Fabriken von Anilinfarben bei Basel handeln.

Wie bei den früheren Untersuchungen ergab das Planktonnetz, an beiden Ufern sowie in der Mitte des Stromes ausgeworfen, überall so ziemlich dieselben Organismen in annähernd gleicher quantitativer und qualitativer Zusammensetzung.

Plankton des Rheins bei Hüningen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens sehr einzeln.
Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig,
Asterionella gracillima nicht selten,
Fragilaria crotonensis nicht selten,
Synedra delicatissima nicht selten,
Stephanodiscus astraea einzeln,
Cyclotella socialis einzeln,
Cyclotella bodanica einzeln.
Chlorophyceen: Oocystis spec. sehr einzeln,
Staurastrum gracile einzeln.
Flagellaten: Pandorina morum sehr einzeln,
Dinobryon sertularia sehr einzeln,
Dinobryon stipitatum sehr einzeln,
Ceratium hirundinella häufig.
Rotatorien: Polyarthra platyptera sehr einzeln,
Rattulus bicornis (Panzer) sehr einzeln,
Mastigocerca capucina sehr einzeln,
Anapus testudo sehr einzeln,
Hudsonella pygmaea sehr einzeln,
Anuraea aculeata sehr einzeln,
Anuraea cochlearis einzeln,
An. cochlearis var. irregularis sehr einzeln,
Notholca longispina (meist nur Panzer) einzeln.
Crustaceen: Nauplien von Copepoden einzeln.

Ein Vergleich dieser Liste mit den früher mitgeteilten läßt erkennen, daß ein gewisser Stamm von Planktonformen, besonders Diatomeen, sich so ziemlich gleichmäßig das ganze Jahr hindurch erhält, allerdings in recht wechselnden Individuenmengen [1]. Im Gegensatz zu diesen mehr oder weniger perennierenden Arten stehen einige wenige

[1]) Dies tritt am auffälligsten bei Oscillatoria rubescens in Erscheinung. Im Oktober 1905 sehr häufig, ist sie Ende April und August 1906 nur in ganz vereinzelten Fäden im Plankton des Rheins nachzuweisen. Die Alge ist eine ausgesprochene psychrophile oder chimophile, d. h. kühleres Wasser liebende Form, welche im Züricher See und darum auch im Rhein in der kälteren Jahreshälfte ihre Massenentfaltung erlangt.

stenotherme Sommerformen, die nur in der wärmeren Jahreszeit auftreten, so z. B. die Rädertiere Masticocerca capucina und Anapus ovalis. Von Protozoen gehört hierher vor allem Ceratium hirundinella, die in den Altwassern des Oberrheins im Winter fast völlig fehlt, während sie im Bodensee, den Schweizer Seen allerdings in stark reduzierter Zahl ausdauert.

Während also das eigentliche Plankton recht gleichmäßig durch das ganze Querprofil des Rheins bei Hüningen verteilt war, ließ das „Pseudoplankton" an den einzelnen Entnahmestellen deutliche Verschiedenheiten erkennen, die sich aus der Einleitung der Baseler Abwässer weiter oberhalb erklären. Neben Massen von feinem, mineralischem sowie organischem Detritus ergaben:

Linkes Ufer: Gelbgebeizte Muskelfasern, nicht selten, ein Ei von Ascaris lumbricoides, einzelne Zoogloea ramigera, Stärkezellen der Kartoffel, meist ausgelaugt, Zellulosefasern, Textilfasern usw.

Mitte des Stromes: Nur ganz vereinzelte Reste organischer Abwässer in Gestalt von Stärkezellen, Zellulosefasern und kleine Bakterien-Zoogloeen. Dann organische und mineralische Flitter, anscheinend von Anilinfarben gefärbt, Moosfragmente, Chantransia-Äste, Insektenreste [1]).

Rechtes Ufer: Gelbe Muskelfasern, Kartoffelstärkezellen, Haare, Textil- und Zellulosefasern, Pilzflöckchen (hauptsächlich Cladothrix), weiterhin abgestorbene Cladophora-Zweige, Moosfragmente, Nematoden, Chironomus-Larven usw.

Wie man aus dieser Gegenüberstellung ersieht, kommt die Einleitung der Baseler Abwässer auf beiden Ufern des Rheins auch noch 3 km abwärts in den entsprechenden Planktonproben gut zum Ausdruck. Eine Mischung hat trotz der starken Strömung auf dieser Strecke noch kaum stattgefunden, wie die Armut an eigentlichen Abwasserresten in der Strommitte beweist.

An die Planktonuntersuchungen schloß sich eine Untersuchung der Fauna und Flora der Ufer.

Die beim linken Ufer in einer Tiefe von 0,5—1 m am Grunde liegenden groben Geschiebe bargen an ihrer Unterseite eine ziemlich reiche Tierwelt, vor allem Insektenlarven, so von Ephemeriden Oligoneuria rhenana, Baëtis usw., von Trichopteren Hydropsyche, Rhyacophila, Brachycentrus, Hydroptila. Die Krebse waren durch Gammarus pulex, die Schnecken durch Ancylus fluviatilis vertreten.

Am rechten Ufer waren die Steine der Uferböschung unterhalb der Brücke mit einer grauen Schlammschicht überkleidet, die einzelne Abwasserreste enthielt. Von Pilzen kamen nur Räschen von Cladothrix zur Beobachtung. Die Tierwelt war weniger reich als am linken Ufer und enthielt neben einigen Larven von Hydropsyche und Oligoneuria sowie Nematoden auch eine Anzahl Schnecken Gulnaria (Limnaeus) ovata, welche dafür bekannt ist, daß sie auch in stark verunreinigtem Wasser noch gut auszudauern vermag. —

---

[1]) Von der ganzen Chitinbekleidung der Larven der Perliden, Ephemeriden usw. erweist sich bei den im Wasser treibenden Resten namentlich die Cornea des facettierten Auges als besonders resistent.

Gegen Mittag wurde die Fahrt stromabwärts fortgesetzt.

Etwa 300 m unterhalb der Hüninger Brücke mündet am rechten Ufer ein kleiner Bach ein, der durch die Abwasser einer Seidenfabrik dick bordeaux-rot gefärbt war. Trotzdem hatte in der kleinen Bucht bei der Mündung dieses Baches ein Fischer seinen Fischkasten versenkt. Das lebhafte Plätschern der Insassen beim Heben des Kastens ließ erkennen, daß die Fische noch kaum eine besondere Beeinträchtigung durch die Abwässer erfahren hatten. Ein weiterer Beweis dafür, daß die Farbe eines Abwassers allein durchaus noch keinen sicheren Schluß auf dessen direkte fischereiliche Schädlichkeit zuläßt.

4 km unterhalb der Hüninger Brücke erschien der Schmutzstreifen entlang des rechten Ufers weit über die halbe Breite des Stromes ausgebreitet, natürlich unter entsprechender Schwächung der Intensität.

10 km unterhalb der Hüninger Brücke war der Rhein fast in seiner ganzen Breite bis auf etwa 30 m am elsässischen Ufer getrübt. Das Planktonnetz ergab hier am rechten Ufer neben sehr reichlichem mineralischem und organischem Detritus noch zahlreiche Reste der Baseler Abwässer in Gestalt von Textil- und Zellulosefasern, einzelnen gelben Muskelfasern, Kartoffelzellen, Farbstoffflittern, Cladothrix-Räschen. Außerdem Insektenreste, Äste von Batrachospermum moniliforme, Chantransia, Stigeoclonium, Surirella spiralis, leere Panzer des Rädertieres Notholca longispina.

12 km unterhalb der Hüninger Brücke war die Trübung ebenfalls noch wahrzunehmen; erst von km 20 ab schien jede Verschiedenheit der Färbung im Querprofile des Stromes ausgeglichen.

Von Altwassern des Rheins wurde auf dieser Strecke, wie früher, auch der Altrhein bei Bellingen am Isteiner Klotz untersucht, der ein quantitativ und qualitativ recht reiches Plankton enthielt.

Plankton des Altrheins bei Bellingen.

Cyanophyceen:	Oscillatoria rubescens ganz vereinzelt.
Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig,
	Asterionella gracillima nicht selten,
	Fragilaria crotonensis nicht selten,
	Cyclotella socialis einzeln.
Chlorophyceen:	Pediastrum Boryanum einzeln.
Flagellaten:	Chrysococcus rufescens ziemlich häufig,
	Ceratium hirundinella nicht selten,
	Peridinium quadridens nicht selten,
	Peridinium maeandricum einzeln.
Infusorien:	Holophrya spec. nicht selten.
Rotatorien:	Asplanchna priodonta häufig,
	Triarthra longiseta häufig,
	Polyarthra platyptera häufig,
	Synchaeta stylata nicht selten,
	Schizocerca diversicornis sehr einzeln,

Brachionus pala sehr einzeln,
Brachionus angularis einzeln,
Anuraea cochlearis ziemlich häufig,
Anuraeopsis hypelasma sehr einzeln,
Notholca longispina einzeln.
Krustazeen: Bosmina cornuta nicht selten,
Cyclops spec. einzeln.

II. Rheinstrecke Neuenburg-Breisach (10. August 1906).

Pegel des Rheins bei Neuenburg: 230 cm. Temperatur des Wassers 19,9° C., der Luft 17,6° C. (8 Uhr vormittag).

Während bei der Untersuchungsfahrt im Mai 1906 auf dieser Strecke zahlreiche Kiesbänke zutage getreten waren, von denen einige etwas höhere sich bereits mit lockerem Weidengebüsch bedeckt hatten, war dieses Mal von dem grünen Anfluge nichts mehr wahrzunehmen: das sommerliche Hochwasser hatte die Bänke abgetragen und an anderen Stellen stromab wieder angeschüttet.

Daß bei einer derartigen fortwährenden Bewegung der labilen Stromsohle am Grunde des Rheins[1]) sich kaum jemals eine etwas reichere Fauna und Flora auf die Dauer ansiedeln kann, ist klar. Nur an größeren Steinen, welche im Schutz der Kiesbänke der Stoßkraft des Wassers etwas entzogen waren, zeigte sich organisches Leben. In Tiefen von einem halben bis 2 m war hier die glattgerollte Oberfläche des faust- bis kopfgroßen Geschiebes mehrfach bedeckt mit schlüpfrigen Räschen einer Cyanophycee (Amphithrix janthina), deren dünne, dicht gestellte, lange Fäden die feinen, vom Wasser suspendierten Schlammpartikel zu einer gelbbräunlichen Schlickschicht niedergeschlagen hatten. Dazwischen fanden sich einige bräunliche Flecken, vorherrschend aus einem kleinen Gomphonema bestehend sowie vereinzelte Stigeoclonium-Pflänzchen. Die Tierwelt war nur durch einige Larven von Chironomus und Oligoneuria rhenana vertreten, die beide an den Steinen der Uferböschung viel zahlreicher vorkamen.

Von Altwassern des Rheins wurden auf dieser Strecke untersucht:

1. Der Altrhein von Nambsheim (linkes Ufer),

2. Der Altrhein von Hartheim (rechtes Ufer),

beide reich an dichten Beständen des fadenblätterigen Laichkrautes (Potamogeton pectinatus); im letzgenannten auch viele Büsche des kalkinkrustierten Potamogeton perfoliatus in mehr als 3 m langen Pflanzen.

3. Der Altrhein Karpfenhod, am linken Ufer oberhalb Breisach, landschaftlich einer der schönsten Altrheine des ganzen Gebietes mit ziemlich reichem Plankton, von dem das Vorkommen der ursprünglich dem Bodensee entstammenden Cyclotella socialis, Cyclotella bodanica und Peridinium maeandricum besondere Erwähnung verdienen.

---

[1]) Diese fortwährende Bewegung des Geschiebes auf der Stromsohle macht sich auch durch ein eigenartiges rieselndes Geräusch bemerkbar, welches man besonders deutlich wahrnimmt, wenn man das Ohr an eine in das Wasser gehaltene Stange anlegt.

III. Rheinstrecke Breisach-Kehl (11. August 1906).

Pegel an der Schiffbrücke Alt-Breisach 300 cm (am 10. August 304 cm). Temperatur des Wassers (8 Uhr vormittag) 18,7° C., der Luft 16,6° C.

Diese Strecke des Rheins gehört ebenso wie die vorhergehende zu den reinsten und ist auch fischereilich interessant. Der Salm (Salmo salar) laicht hier auch auf Kiesgründen im Strome selbst; auch die Äsche (Thymallus vulgaris) wird speziell in der Gegend von Weisweil häufig erbeutet, namentlich an den Laichgruben der Salmen. Von der verheerenden Barbenseuche ist hier niemals etwas bemerkt worden, während weiter oben am Isteiner Klotz nach Aussage der Fischer vor Jahren einzelne kranke Barben zur Beobachtung gelangten.

Untersucht wurden auf dieser Strecke:

I. Der Altrhein bei Sponeck, der durch einen langen pflanzenreichen Graben Abwässer von Alt-Breisach zugeführt erhält, besitzt eine sehr üppige Vegetation. Den Boden bedecken Büsche von Ceratophyllum demersum, sowie Rasen von Elodea canadensis in auffallend großen Exemplaren. Sehr reichlich sind die Laichkräuter vertreten: Potamogeton lucens in ganzen Bänken, weiter P. fluitans var. Billotii bis 4 m lang, P. perfoliatus, P. densus. Daneben das habituell ähnliche Polygonum natans. Von blühenden Pflanzen weiter noch Sagittaria sagittifolia var. vallisnerifolia in über 1,6 m tiefem Wasser und Batrachium fluitans. Reste der Breisacher Abwässer waren weder im Plankton noch im Schlamm des Bodens und der Wasserpflanzen nachzuweisen; es scheint, daß die reiche Pflanzenwelt des Grabens bei dessen beträchtlicher Länge (ca. 10 km) schon vorher alles absorbiert.

II. Mündung des Leopoldskanales. Wasser ziemlich klar, am Boden Schlick mit Kieseln. Von Vegetation hier nur einzelne Büsche von Batrachium fluitans. Kein eigentliches Plankton, nur einige durch Gräben vom Rheine her eingeschwemmte Tabellaria fenestrata var. asterionelloides. Abwasser-Reste wurden auch hier völlig vermißt.

III. Mündung der Elz. Ein Planktonfang ergab nur einige spärliche Diatomeen, wie Tabellaria, welche Rheinform bei dem hohen Wasserstand des Stromes durch Gräben, welche oberhalb der Untersuchungsstelle vom Rheine her in die Elz münden, eingeschwemmt wurde, gerade wie beim Leopoldskanal.

IV. Altrhein bei Ottenheim. Dieser Altrhein, an seinem oberen Ende völlig verlandet, zeichnet sich durch eine ganz prachtvolle Durchsichtigkeit aus. Bis auf etwa 6 m dringt der Blick durch das grünklare Wasser in die Tiefe[1]), wo der Boden weithin mit den sparrigen Rasen von Chara rudis, untermischt mit vereinzelten Tolypellopsis stelligera, überkleidet ist. Die tiefsten Stellen — nach der Peilung 7 bis 8 m tief — erscheinen dem Auge ganz schwarzgrün. In der mittleren Tiefe von 2—3 m bildet Hippuris vulgaris mit seinen lang flutenden Stengeln ansehnliche Be-

---

[1]) In dem stagnierenden vom Rheine abgeschlossenen planktonreichen Altrhein bei Neuhofen (südlich von Ludwigshafen) entschwindet die Secchische Scheibe dem Auge im Winter bei durchschnittlich 2 m, im Sommer bei 1 m Tiefe.

stände, zwischen denen die fadenartig dünnen Stengel von Potamogeton natans im Verein mit P. pectinatus, P. lucens zur Oberfläche emporziehen.

Recht ärmlich war im Vergleich zu dieser üppigen Vegetation das Tierleben der Tiefe; von Schnecken war beispielsweise nur Bythinia tentaculata in vereinzelten Exemplaren vertreten. Etwas reicher war das Plankton. Die Diatomeen traten hier ganz zurück gegen die Rotatorien, vor allem Synchaeta stylata, die überwog; dazu kamen noch Asplanchna priodonta, Gastroschiza triacantha, Hudsonella pygmaea, Anuraeopsis hypelasma, Anuraea cochlearis mit var. tecta. Von Krustazeen war Bosmina cornuta am häufigsten. —

Eine Planktonprobe aus dem freien Rhein in der Gegend von Kappel ergab neben großen Mengen von mineralischem Detritus ziemlich zahlreiche Diatomeen (vor allem Tabellaria, einzelne Cyclotella socialis), aber nur äußerst wenige tierische Organismen.

IV. Jll unterhalb Straßburg (13. August 1906).

Wie bei allen früheren Gelegenheiten wurde auch dieses Mal der Ill, diesem Paradigma der biologischen Selbstreinigung eines Flusses, eine eingehende Untersuchung gewidmet, die ich wiederum in Gesellschaft des Herrn Professor Dr. J. Forster-Straßburg vornehmen durfte. An folgenden Stationen wurde der biologische Zustand der Ill festgestellt:

I. Ill beim Nadelwehr am Rupprechtsauer Tor (oberhalb der Mündung der Straßburger Abwässer).

Wasser (Temperatur + 18,1° C.) mit vielen treibenden Büschen von Ceratophyllum demersum. Das Plankton recht arm an Formen des freien Wassers; nur einige durch den Gerstheimer Kanal eingespülte Tabellaria fenestrata var. asterionelloides, Synedra actinastroides, Eudorina elegans, sowie Larven der Muschel Dreyssensia polymorpha. Viel zahlreicher sind die Bodenformen, speziell die Diatomeen wie Nitzschia sigmoidea, Cymatopleura elliptica, Campylodiscus noricus, Melosira varians; von Grünalgen Closterium acerosum, Pediastrum boryanum; von Tieren Arcella vulgaris und Spicula von Spongilla lacustris. Auffallend spärlich waren (morgens 8 Uhr) deutlichere Reste von Abwässern zu konstatieren: nur einige Bakterien-Zoogloeen kamen zu Gesicht, dagegen keine Sphaerotilus usw., trotzdem der Fluß doch vorher in mehreren Armen die große volkreiche Stadt passiert hatte. Am Boden der Ill fanden sich hier Kiesel mit Lithoderma sowie Spongillen (Gemmulae von Sp. fragilis) und Eikapseln von Neritina fluviatilis bedeckt.

II. Mündung der Straßburger Abwässer. Die dem Dolen entquellenden schmutzigen Fluten führen dieses Mal weniger Fäkalbrocken ab, als im Mai 1906. Auf der linken Flußseite, wo die Abwässer einmünden, sind die am Ufer sich hinziehenden Schilf- und Grasbestände (Phragmites und Glyceria) auf ca. 2 km Entfernung mit großen, flutenden, graubraun inkrustierten Rasen von Sphaerotilus natans behangen. Von Tieren lebten hier überall Massen von Steinegeln (Nephelis vulgaris),

sowie zahlreiche Schnecken (Gulnaria auricularia) und Flohkrebse (Gammarus fluviatilis).

III. 100—200 m unterhalb der Mündung des Bischheimer Dolens. Unmittelbar vor der Mündung des Dolens breitet sich eine ansehnliche Schlammbank aus, aus der zahlreiche Blasen von Sumpfgas usw. aufsteigen. 100—200 m unterhalb des Dolens war das freie Wasser, wie das Planktonnetz erwies, erfüllt mit Abwasser-Resten aller Art. Große klumpige Bakterien-Zoogloeen sowie Zoogloea ramigera waren in Massen vertreten, ebenso treibende Flocken von Sphaerotilus. Sehr häufig waren noch gelbe Muskelfasern, Stärkezellen der Kartoffel, meist ausgelaugt und mit Bakterien bedeckt; Textilfasern und Zellulosefasern nicht selten. Bemerkenswert war das Auffinden eines Eies des menschlichen Spulwurmes, Ascaris lumbricoides, wie ein solches auch schon früher bei den Abwässern von Mannheim und Basel beobachtet worden war.

IV. Der eben skizzierte Planktonfang wurde in dem Hauptabwasserstrom gemacht, der sich anfangs entlang des linken Ufers hinzieht. Das rechte Ufer der Ill ist in derselben Gegend zunächst noch relativ wenig verunreinigt. Etwa 300 m abwärts von der Mündung des Schiltigheimer Dolens zeigte sich entlang des Schilfsaumes am rechten Ufer eine reiche Vegetation von Wasserpflanzen, hauptsächlich aus Ceratophyllum demersum, Elodea und Lemna sowie dichten Watten von Conferva bestehend; Potamogeton natans, P. lucens, P. crispus sowie Myriophyllum waren seltener. Auch die Tierwelt neigte hier zu einer Massenentfaltung von Individuen. Von Crustaceen waren Asellus aquaticus und Gammarus fluviatilis gemein, ebenso wie von Würmern der unvermeidliche Nephelis vulgaris. Aber sie alle traten weit zurück gegen die Menge der Mollusken. Gulnaria ovata und G. auricularia, Physa fontinalis von Schnecken und dann ganz besonders die Muschel Sphaerium corneum waren hier in derartigen Massen angesammelt, daß in $^1/_2$—1,5 m Tiefe der schlammige Boden auf Strecken hin tatsächlich damit wie gepflastert erschien. Um die relative Menge der Muscheln wenigstens einigermaßen abzuschätzen, habe ich in der gerade noch direkt zugänglichen Tiefe von etwa 60 cm mit Hilfe zylindrischer Gefäße bestimmte Mengen des Schlammgrundes abgestochen und die darin enthaltenen Sphaerien gezählt. Die Resultate waren recht interessant: Das eine Mal enthielten 16 qcm Schlammfläche 30 lebende Exemplare von Sphaerium, das andere Mal ca. 200 qcm Schlammfläche etwa 150 lebende Tiere und ebensoviele leere Schalen, also auf den Quadratzentimeter durchschnittlich rund 1—2 lebende Muscheln. Wenn wir uns nun vor Augen halten, daß diese Mollusken — wenn auch natürlich nicht immer in dieser Dichte — auf der ganzen Strecke bis gegen Wanzenau zu überall äußerst zahlreich vorhanden sind und hier überall den sedimentierenden organischen Schlamm mit seinen zahllosen Bakterien usw. als Nahrung aufnehmen, so werden wir gewiß nicht anstehen, diesen trägen Tieren einen sehr bedeutsamen Anteil an der Aufarbeitung der festen organischen Reste der Abwässer zuzuerkennen.

V. 2 km unterhalb des Bischheimer Dolens. Hier ist die Mischung der Abwässer mit dem Wasser der Ill im ganzen Querprofil des Flusses so ziemlich vollzogen, wie sich aus dem Auftreten kräftiger Sphaerotilus-Rasen an Pflanzen des rechten Ufers ergibt.

VI. 8 km unterhalb des Bischheimer Dolens. Das in dieser Gegend gefischte Plankton zeigt nur noch minimale Reste der Abwässer: einzelne Räschen von Sphaerotilus, sowie Textil- und Zellulosefasern, dagegen keine gelben Muskelfasern, keine Zoogloeen, keine Stärkezellen usw. mehr. Von tierischen Organismen fanden sich einzelne Stöckchen von Epistylis plicatilis, Rädertiere wie Actinurus neptunius, Colurus bicuspidatus, dann Nauplien von Copepoden. Von Pflanzen Spirulina Jenneri — wie man sieht, alles Bodenformen.

Auch das ganze äußere Ansehen, die Farbe des Rückstandes im Planktonnetz war hier eine andere als beispielsweise auf Station II. Der bei der Mündung der Abwässer im Planktonnetz aufgefangene treibende Abwässerdetritus zeigte nach der Sedimentierung im Glase eine schmutzig graue Färbung und ein recht lockeres verworrenes Gefüge, verursacht durch die zahlreichen, oft recht ansehnlichen Pilzfäden, Pflanzen- (Gemüse)-Reste, Woll- und Textilfasern, Zellulosefasern des Papiers usw. Je mehr die Selbstreinigung fortschreitet, desto mehr nimmt der Detritus eine braungelbe Farbe an und sein Gefüge nach der Sedimentierung wird kompakter, feinkrümeliger, humöser. Ich habe übrigens diese Wandlung bei allen städtischen Abwässern meiner Untersuchungsstrecke beobachtet.

Diese Reinigung von festen Abwasserresten ist neben der Sedimentierung in hervorragendem Maße der Filtration durch die submerse Pflanzenwelt der Ill sowie der Nahrungsaufnahme der hier angesiedelten Tierwelt zuzuschreiben. Wie wir bereits sahen, war die Vegetation der Ill etwa 300 m unter der Einmündung des Bischheimer Dolens auf dem durch die Abwässer noch nicht direkt beeinflußten rechten Ufer schon eine recht reiche. Etwa 6 km weiter abwärts war die Pflanzenwelt — vor allem Ceratophyllum, Elodea, Potamogeton, Nuphar usw. — so außerordentlich üppig entwickelt, daß die Strombauverwaltung sich jeden Sommer genötigt sieht, zur Vermeidung von Stauungen des Abflusses die Pflanzen unter Wasser abmähen zu lassen. Obwohl in diesem Jahre seit Ende Juni anfangs 5 jetzt 3 Maschinen in Tätigkeit sind und obwohl ganze Bänke abgemähter hellgrüner Nuphar-Blätter, Ceratophyllum usw. stromab treiben, ist für das Auge von einer irgendwie beträchtlicheren Abnahme der submersen Vegetation nicht allzuviel zu bemerken. Eine besondere Erwähnung dürfte noch die Tatsache finden, daß die ca. 8 km unterhalb des Bischheimer Dolens am Grunde wurzelnden Pflanzen völlig frei von Sphaerotilus erschienen, während die hier vorbeitreibenden, etwa 2 km weiter oberhalb gemähten Pflanzen vielfach noch mit den grauen pinselförmigen Räschen dieses Pilzes bedeckt waren.

Flora und Fauna der Ceratophyllum-Bestände etwa 8 km unterhalb der Mündung des Bischheimer Dolens.

Die Büsche von Ceratophyllum demersum am Grunde der Ill sind meist mit dichten grünen Watten von Fadenalgen (Cladophora fracta und ein steriles Oedogonium mit dicken Zellen) umsponnen, in deren Gewirre der sedimentierende organische Schlamm festgehalten und niedergeschlagen wird. Hier entfaltet sich ein äußerst reiches mikroskopisches Pflanzen- und Tierleben. Die Algenfäden sind oft dicht besetzt mit epiphytischen Diatomeen, besonders Diatoma vulgare, Cocconeis pediculus,

Rhoicosphenia curvata, Cocconema lanceolatum, Synedra ulna, S. radians usw. Von Pilzen ist Cladothrix dichotoma am häufigsten. Die festsitzenden Tiere sind vertreten durch zahlreiche Vorticellen, Epistylis plicatilis, Cothurnia crystallina.

Frei im Schlamm leben von Pflanzen Unmassen kleiner und kleinster Naviculeen, von größeren Formen besonders Navicula cuspidata, dann Closterium moniliforme, Oscillatoria, Spirulina Jenneri, letztere weniger zahlreich. Die Protozoen waren neben Rhizopoden, wie Amoeben, Arcella vulgaris, Actinosphaerium Eichhorni besonders durch außerordentliche Individuenmengen von Infusorien vertreten, von denen Trachelius ovum, Amphileptus Claparedii, Chilodon cucullulus, Stentor polymorphus, Stylonychia mytilus, Euplotes patella, Oxytricha-Arten besonders genannt seien. Auffallend war die Seltenheit der Flagellaten. Zahlreich waren dagegen die Rotatorien, vor allem Rotifer vulgaris, Colurus bicuspidatus, Col. obtusus, Melopidia solida, M. lepadella. Außerdem Nematoden, Chaetogaster und Chironomiden-Larven. Weiter die bereits erwähnten zahlreichen Schnecken, Asellus, Gammarus. Und alle diese Tiere sind unermüdlich beschäftigt, die Überfülle der Nahrung, welche ihnen in Form des sedimentierenden, feinen, organischen Schlammes geboten wird, in eigene Leibessubstanz umzuwandeln!

Wenn man weiter bedenkt, daß diese während der Fahrt bestimmten Organismen nur die häufigsten Formen darstellten, welche in jedem Tropfen des Schlammes massenhaft vorhanden waren, so erschließt dies vielleicht die Bedeutung, welche der Kleinfauna bei Verarbeitung der festen Abwasserreste zukommt.

VII. Ill bei Wanzenau. Die Üppigkeit der Pflanzenwelt hat hier, wo der Boden des Flusses vielfach mit Kies bedeckt ist, beträchtlich abgenommen. Ceratophyllum tritt mehr zurück; Potamogeton fluitans und P. pectinatus finden sich in einzelnen größeren Bänken. Die Schlamm liebenden Organismen, vor allem die oben so häufigen Sphaerien, sind ebenfalls recht selten geworden. Bei der Wanzenauer Brücke bedecken große gerollte Kiesel den Boden der Ill, bewohnt von Neritina fluviatilis (mit Eikapseln), Dendrocoelum lacteum, Planaria polychroa, Larven von Hydroptila.

VIII. 2,5 km unterhalb Wanzenau. Das Plankton enthält nur wenig mineralischen, dagegen mehr organischen, sehr feinkrümeligen Detritus mit sehr spärlichen Organismen. Sphaerotilus war hier äußerst selten, nur in mikroskopischen Räschen vertreten, die wohl von den oben erwähnten treibenden Pflanzen stammten. Sonst nur noch einige der so schwer angreifbaren Zellulose- und Textilfasern. —

Wie man sieht, ist dieses Mal die biologische Selbstreinigung der Ill eine recht weitgehende. Daß dies in erster Linie der üppigen Vegetation und dem reichen Tierleben zu danken ist, dürften die vorstehenden Ausführungen wohl zur Genüge bewiesen haben. In ausgezeichneter Weise harmonieren hiermit auch die bakteriologischen Befunde, welche Herr Professor Forster am nämlichen Tage erhalten hatte. Nach seiner freundlichen Mitteilung betrug die Keimzahl im Kubikzentimeter:

1. Oberhalb der Mündung der Straßburger Abwässer (oberhalb des Rupprechtsauer Fabrikkanals): 2000

2. 250 m unterhalb des Bischheimer Dolens: 45540
3. Beim „Englischen Hof“ ca. 4 km unterhalb des Bischheimer Dolens: 43000
4. 2,5 km unterhalb der Wanzenauer Brücke: 1970

Eine ausführliche Diskussion dieser Befunde verspare ich mir auf einen späteren Bericht, wenn einmal Beobachtungen aus der eigentlichen kalten Jahreszeit (Dezember bis Februar) vorliegen.

V. Stromstrecke Kehl-Maxau (14. bis 16. August 1906).

Am 15. August 1906 stand der Pegel des Rheins bei Kehl auf 292 cm, am 14. auf 298 cm. Die Temperatur des Wassers betrug 20,5° C.

Kehler Hafenanlagen.

Am 14. August wurde auch den neuen Hafenanlagen von Kehl eine kurze Untersuchung gewidmet. In Bassin II, das von Wasserpflanzen einige Potamogeton-Büsche enthielt, war der Boden bedeckt mit einem sehr feinen zähen gelblichen Schlick, der von Tieren nur einige Chironomus-Larven beherbergte. Das Plankton war sehr reich an Arten und Individuen der charakteristischen Rheinformen, wie solche beispielsweise schon für den Altrhein Bellingen aufgezählt wurden. Von einer Wiedergabe der speziellen Liste dürfte daher abgesehen werden.

Schutter bei Kehl (14. August 1906).

Das aus der Schutter resp. dem Schutter-Mühlkanal in den Rhein einströmende Wasser bildet bei der Mündung einen Wirbel mit rückläufiger Bewegung stromaufwärts. Im ganzen Bereich der Strömung — bis etwa 20 m stromauf — sind die Steine der Uferböschung mit dichten Rasen von Sphaerotilus, untermischt mit zahlreicher Zoogloea ramigera bedeckt. Dazwischen viele Zellulosefasern, z. T. mit epiphytischen Pilzfäden und Bakterien-Zoogloeen bewachsen. Von Abwasserorganismen fanden sich Paramaecium aurelia und Nematoden.

Das Wasser der Schutter (Temperatur 23° C.) ist stark getrübt, gelbbraun. Bei der Mündung, wo sich im stilleren Zentrum des Wirbels am Grunde ansehnliche Ablagerungen eines schwarzen, an Zellulosefasern usw. reichen Schlammes finden, steigen beim Einstoßen des Ruders unzählige Blasen von Sumpfgas auf. Oberhalb der Brücke nimmt die Intensität und die Trübung des Schutterwassers stetig zu. In einer Entfernung von etwa 1—1,5 km oberhalb der Mündung stellt das Wasser eine dunkelgelbe Schmutzbrühe dar, welche selbst in einer nur 1,5 cm dicken Schicht eine deutliche weingelbe Färbung und zahllose suspendierte Zellulose- und Textilfasern erkennen läßt.

Da das Wasser des Schutterkanals dieses Mal ziemlich niedrig war, trat am Ufer überall ein etwa 1 m breiter Schlammstreifen zutage, vielfach mit häßlichen Lumpenresten bedeckt. An allen möglichen Fixationspunkten, an Steinen sowie Stengeln und Wurzeln der am weitesten gegen das Schmutzwasser vordringenden Uferpflanzen (Glyceria, Lysimachia vulgaris, Iris) fluteten große graue Pilzrasen.

Im strömenden Rheine war die Verunreinigung durch die Schutter bis zur Kinzigmündung nachweisbar und zwar durch dichte, etwa 1—2 cm lange Sphaerotilus-Räschen an den Ufersteinen. In etwa 50 m Entfernung unterhalb der Schuttermündung hatten sich auch einige Pflänzchen der Alge Cladophora glomerata angesiedelt, pelzartig überzogen von Sphaerotilus und Bakterienfäden und reich an aufgefangenem Rheinschlick sowie Zellulosefasern. Die gröbere Fauna war nur durch ein einziges Exemplar der Schnecke Gulnaria ovata vertreten.

Mündung der Rench (15. August 1906).

Bei seiner Mündung in den Rhein zeigt dieses Schwarzwaldflüßchen in seinem klaren Wasser eine recht üppige Vegetation. Der schlammig-schlickige, mit zerstreuten Rollkieseln bedeckte Boden ist von ausgedehnten dichten Rasen von Elodea canadensis bedeckt, von der einzelne Stengel die beträchtliche Länge von 1,70 m erreichen. Darüber erheben sich flutende Büsche von Batrachium fluitans, Potamogeton crispus, Myriophyllum, während die Blätter von Nuphar luteum den Spiegel bedecken.

Das freie Wasser enthielt nur wenig mineralischen Detritus und keine eigentlichen Planktonorganismen, dagegen zahlreiche Formen des Bodens und der Wasserpflanzen, so von Algen z. B. Dictyosphaerium Ehrenbergianum, Staurogenia rectangularis, Cosmarium, Cyclotella Meneghiniana, Melosira varians, Fragilaria virescens, von Protozoen Sphaerastrum Fokei, Pandorina morum, Spongomonas intestinum.

Altrhein bei Illingen.

Dieser große, gegenüber der elsässisch-pfälzischen Grenze ausmündende Altrhein erhält durch den sog. „Stinkgraben“ einen Teil der Abwässer der Stadt Rastatt zugeführt. Er wurde deshalb in seiner ganzen Ausdehnung befahren; typische Abwässerorganismen wurden aber in ihm nicht gefunden.

Ich kenne am ganzen Oberrhein nur sehr wenig Altwässer, welche so stark verkrautet sind wie der Altrhein von Illingen. Im oberen, dem der Murg genäherten Abschnitte, welcher in dem klaren Wasser Tiefen von 2—3 m aufweist, ist der Spiegel vielfach unterbrochen durch große Horste von Scirpus lacustris. Den Boden begrünen auf weite Strecken hin ausgedehnte Bestände von Elodea canadensis, die jetzt Tausende ihrer zarten Blüten zur Wasseroberfläche emporsendet, daneben Hippuris vulgaris, Ceratophyllum demersum und ganz besonders Potamogeton lucens. An der Oberfläche dann noch Nuphar luteum, Hydrocharis morsus ranae und Limnanthemum nymphaeoides, sowie große emporgehobene Watten von Conferva (globulifera?). Ein schmaler, nur etwa 10—12 m breiter Kanal, dessen strömendes Wasser dicht erfüllt ist mit flutenden Büschen von Oenanthe aquatica var. conioidea sowie Sagittaria sagittifolia var. vallisnerifolia, verbindet den oberen Teil des Altrheins mit dem unteren, welcher in den Rhein ausmündet. Dieser ist weit ärmer an Wasserpflanzen und weist hauptsächlich Büsche von Potamogeton pectinatus auf.

In einem auffallenden Gegensatz zu der Üppigkeit der Vegetation des Altrheins bei Illingen steht dessen Armut an Tieren: ein eigentliches Plankton fehlte dem oberen Teile so gut wie völlig. Was in das feine Netz geriet, waren verschlagene

epiphytische Formen der Wasserpflanzen, vor allem Diatomeen wie Epithemia sorex, Synedra ulna, Cocconeis pediculus usw.

Diese Erscheinung — außerordentlicher Reichtum an Wasserpflanzen, Klarheit des Wassers, Armut an Plankton — ist übrigens keineswegs auf den Altrhein Illingen beschränkt. Ich fand sie auch bei anderen Altwässern (Altrhein Sponeck, Altrhein Diersheim usw.) und zahlreichen Teichen des Gebietes. Es handelt sich hier jedenfalls um eine allgemeine Erscheinung. Eine Erklärung hierfür ist nicht so ganz einfach zu geben. Die scheinbar am nächsten liegende Annahme, daß durch das üppige Vegetieren der höheren Pflanzen der Lebens-Raum für die Entfaltung einer frei schwebenden und schwimmenden Mikrofauna und -flora allzusehr eingeengt wird, kann kaum allein ausschlaggebend sein, denn es gibt Teiche und Tümpel genug, deren gesamtes Wasserquantum um ein ganz Beträchtliches geringer ist als die im Altrhein Illingen usw. zwischen den Pflanzen noch verbleibende freie Wassermasse und die dennoch ein oft sehr reiches Plankton beherbergen. Diese Gewässer sind meist auch völlig frei von höheren Wasserpflanzen. Mir scheint alles darauf hinzudeuten, daß durch eine üppige Vegetation von höheren Pflanzen dem Wasser so viel Nährstoffe entzogen werden, daß dadurch die Entfaltung des Phytoplanktons und damit auch diejenige des Zooplanktons mehr oder weniger verhindert werden kann. Dies gilt nach meinen vielfältigen Erfahrungen ganz besonders von jenen abgeschlossenen stagnierenden Gewässern, bei denen auch der Boden von einer dichten Vegetationsdecke überzogen ist. Eine derartig rasenartig geschlossene Vegetation grundständiger Pflanzen, wie sie von Elodea und dann besonders von den Characeen gebildet sind, dürfte eine Planktonarmut vor allem dadurch bedingen, daß sie den Übertritt der Nährstoffe des Bodens in das freie Wasser mehr oder weniger verhindert.

Daß wirklich der quantitative Planktongehalt eines Gewässers sehr wesentlich auch von den Nährstoffen des Bodens beeinflußt wird, ersehen wir daraus, daß Gewässer mit ansehnlichen bodenfernen Wassermassen — also große und vor allem tiefe Seen mit steilen Hängen und geringer Uferentwicklung — in einem gleichen Wasserquantum erfahrungsgemäß viel weniger Plankton produzieren, als seichte Seen mit flachen reich gegliederten Ufern. Ein sehr lehrreiches Beispiel liefert in dieser Hinsicht der Bodensee; hier ist der weithin sich dehnende bis 252 m Tiefe absinkende Obersee sehr viel planktonärmer als der mit ihm zusammenhängende weit kleinere Untersee, der meist nicht viel tiefer als 20—25 m wird.

Daneben wäre auch noch ein weiterer Umstand zu berücksichtigen. Die Planktonarmut könnte zum Teil auch noch dadurch mit bedingt sein, daß Dauerzustände eingeschleppter Planktonorganismen, welche bei unseren Süßwasserformen wohl fast durchgängig irgend einmal mit dem Boden in Berührung kommen müssen, beim Niedersinken von dem lockeren organischen Schlamm, welcher den Grund vegetationsreicher Gewässer bedeckt, überschüttet werden und zugrunde gehen und zwar infolge von Sauerstoffmangel, welcher hier an den Lokalitäten einer besonders ausgiebigen Methangärung der Zellulose (faulende Pflanzenreste) herrscht. Ich werde auf diese Fragen wohl noch an anderer Stelle, bei einer eingehenden Schilderung der von mir so genannten „sapropelischen Lebewelt“, zurückkommen. —

Von weiteren Altwässern auf dieser Strecke wurden noch untersucht der Altrhein von Honau, der von Diersheim, der durch seine Tiefe (bis 7,20 m!) wundervolle Klarheit des Wassers und Reichtum seiner Pflanzenwelt ausgezeichnet ist, sowie der Altrhein von Iffezheim.

VI. Rheinstrecke Maxau-Speyer (17. August 1906).

Pegelstand bei der Schiffbrücke Maxau am Morgen des 17. August 1906: 415 cm, am 16. August 427 cm. Wasser des Rheins wie bisher grüngrau, etwas getrübt.

Zellulosefabrik bei Maxau.

Die unterhalb der Schiffbrücke unter dem Wasserspiegel in den Rhein eingeleiteten Abwässer dieser Fabrik sind in Form aufquellender brauner Wolken etwa 100 m abwärts direkt zu verfolgen. Eine irgendwie tiefer gehende Beeinflussung der Organismenwelt des Ufers durch dieselben war kaum zu konstatieren, abgesehen davon, daß an den Holzpfählen eines Kranes, etwa 100 m unterhalb des Einlaufs, sich kleine Räschen von Sphaerotilus angesiedelt hatten.

Alb bei Karlsruhe.

Beim Jägersteig, über 2 km oberhalb der Mündung des Albaltwassers in den Rhein, dem Beginn der jeweiligen Untersuchungen, ist das Wasser des Flüßchens stark getrübt und erfüllt von zahlreichen treibenden Sphaerotilus-Flocken, zu denen die mikroskopische Untersuchung noch Leptomitus lacteus, Mucor-Räschen, Zoogloea ramigera sowie zahllose Bakterien gesellte. Gelbe Muskelfasern sind nicht selten.

Auch das Balkenwerk des Steges sowie das hier angeschwemmte Reisig war mit langen flutenden Rasen von Sphaerotilus natans behangen, zwischen dem noch vereinzelte Leptomitus lacteus sowie viele Zoogloea ramigera vegetierten. Von Abwasser-Infusorien fand sich Carchesium Lachmanni, allerdings nicht gerade zahlreich; außerdem noch Rotifer vulgaris und Chaetogaster diaphanus.

Die Ufer sind auf eine große Strecke hin bedeckt mit einem halbflüssigen breiigen Schlamm, der oben gelbbraun gefärbt ist, nach der Tiefe zu aber rasch tintenschwarz wird. Eine Unmenge Gasblasen entquellen seinem stinkenden Innern; große Fetzen und Fladen von ihm treiben die Alb hinab. Von organischem Leben ist hier nur sehr wenig zu konstatieren: neben Bakterien, besonders Sarcina paludosa, einige Fäden von Oscillatoria chalybaea. Gelbe Muskelfasern fehlen auch hier nicht.

100 m unterhalb des Jägersteiges ist der Boden der Alb sandig-schlammig, bedeckt mit schwarzem, stinkendem Detritus und völlig frei von gröberer Fauna.

500 m unterhalb des Jägersteiges mündet von links her ein Seitenarm des Altwassers ein, der bei etwas höherem Pegelstande (über 4 m) vom Rheine her Wasser einströmen läßt. Dadurch wird das schmutzige Abwasser mehr an das rechte Ufer gedrängt, wo es, kenntlich an der starken Schaumbildung, nach unten abzieht. Der Boden ist hier mit einer dicken organischen Schlammschicht bedeckt, reich an modernden, geschwärzten, vegetabilischen Resten aller Art, Papier usw. Von Tieren

vermögen hier nur einige resistente rote und gelbe Chironomus-Larven auszudauern. Auch wurde ein Exemplar von Nephelis vulgaris gefunden.

Ganz dasselbe Bild des Bodenzustandes ergab sich noch 1,5 km unterhalb des Jägersteiges. Submerse Wasserpflanzen, Schnecken usw. wurden völlig vermißt. Auch das Plankton zeigte hier noch zahlreiche Abwasserreste in Gestalt von organischem Detritus sowie Abwasserorganismen wie Sarcina paludosa in größeren Paketen, Zoogloea ramigera sowie Beggiatoa-Fäden einzeln, kleine Sphaerotilus-Räschen, Oscillatoria chalybaea, Vorticella-Köpfe usw.

Nicht weit von der Mündung des Alb-Altwassers mündet rechts ein großes Altwasser ein, welches den Namen „Bodensee" führt. Sein gelbbraun gefärbtes Wasser quillt bogenförmig in die dunkel-schmutzige Alb vor. Es enthält, was sich schon an der Farbe erkennen ließ, ein sehr reiches Plankton, wie folgende Liste zeigt.

Plankton des Altrheins „Bodensee" bei Karlsruhe.

Cyanophyceen: Clathrocystis aeruginosa einzeln.

Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr einzeln,
Synedra delicatissima einzeln,
Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla einzeln,
Melosira tenuissima einzeln.

Chlorophyceen: Golenkinia botryoides ziemlich häufig,
Actinastrum Hantzschii ziemlich häufig,
Pediastrum pertusum nicht selten,
Pediastrum Boryanum einzeln,
Pediastrum simplex mit var. clathrata nicht selten.

Flagellaten: Eudorina elegans sehr einzeln,
Pteromonas alata Stein sehr einzeln,
(Euglena acus nicht selten),
(Phacus longicauda nicht selten),
Synura uvella sehr häufig,
Dinobryon sertularia nicht selten,
Dinobryon stipitatum nicht selten,
Gymnodinium spec. nicht selten.

Rotatorien: Asplanchna priodonta ziemlich häufig,
Asplanchna Brightwellii einzeln,
Synchaeta stylata nicht selten,
Triarthra longiseta ziemlich häufig,
Polyarthra platyptera nicht selten,
Anuraea cochlearis ziemlich häufig,
Anuraea cochlearis tecta ziemlich häufig,
Anuraeopsis hypelasma nicht selten,
Brachionus pala homoceros nicht selten.

Krustazeen: Bosmina cornuta nicht selten.
Nauplien von Copepoden nicht selten.

Das Altwasser „Bodensee“ hat in seiner ganzen physischen Konfiguration viel Ähnlichkeit mit den großen Altwassern des Rheins beim Angelhof und bei Otterstadt zwischen Ludwigshafen und Speyer, die später abgehandelt werden. Ein Vergleich der daselbst gegebenen Planktonliste mit der oben stehenden zeigt neben manchen Übereinstimmungen doch noch recht charakteristische Unterschiede. So fehlt im Altwasser „Bodensee“ vor allem das dort so häufige Ceratium hirundinella völlig; dafür treten hier einige andere Formen auf, besonders, welche sonst dem typischen Plankton des reinen Rheines mehr oder weniger fremd sind, so z. B. die Grünalgen Golenkinia botryoides, Actinastrum Hantzschii, die Cyanophycee Clathrocystis aeruginosa, die Diatomee Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla, das Rädertier Brachionus pala. Alle diese Formen fehlen den offenen reinen Altwassern des Stromes, während sie in dem durch Abwässer vom Frankenthaler Kanal her verunreinigten Altrhein von Roxheim[1]) sowie in gewissen Dorfteichen[2]) während des Sommers regelmäßig und oft in Massenentfaltung auftreten. Ihr Vorkommen im „Bodensee“ sowie das Fehlen des reines Wasser liebenden Ceratium hirundinella deutet mit Sicherheit darauf hin, daß dieses Altwasser von der Alb her — mit welcher es noch durch eine obere Öffnung in Verbindung steht — N-haltige, gelöste, fäulnisfähige organische Substanz zugeführt erhält.

Kurz vor der Mündung in den strömenden Rhein zeigte das hier quantitativ sehr reiche Plankton des Alb-Altwassers eine Mischung typischer Rheinformen (Tabellaria, Ceratium usw.) mit denen des Altwassers. Von Abwasserorganismen fanden sich noch einige Zoogloea ramigera, Oscillatoria chalybaea sowie pflanzlicher Detritus. —

Überblicken wir all diese Befunde noch einmal, so ergibt sich wohl zur Genüge, daß von einer normalen biologischen Selbstreinigung, wie sie uns in der Ill entgegentrat, in der Alb kaum die Rede sein kann, schon darum, weil die hauptsächlichsten biologischen Faktoren derselben — grüne submerse Pflanzenwelt und eine reicher entfaltete Tierwelt, vor allem Schnecken usw. — so gut wie völlig fehlen. Das Alb-Altwasser wirkt nur als eine Art Faulkammer, wie besonders auch die Untersuchung des Bodens zeigte. Biologisch völlig aufgearbeitet dürfte eigentlich nur jenes verunreinigte Albwasser werden, das in die benachbarten pflanzen- und tierreichen Altrheine übertritt. —

Im strömenden Rheine sind bei dem gegenwärtig ziemlich hohen Pegelstande Einwirkungen des Albwassers schon nach einer relativ kurzen Strecke kaum mehr

---

[1]) R. Lauterborn: Ergebnisse einer biologischen Probeuntersuchung des Rheins. In: Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. XXII (1905) S. 644—646.

[2]) Bemerkenswert in dieser Hinsicht ist ein kleiner sehr schmutziger Dorftümpel in der Nähe von Ludwigshafen, welcher auch von den Gänsen des Ortes reichlich „gedüngt“ wird. Sein Wasser ist im Sommer grün gefärbt durch Massenentfaltung von Chlorophyceen nnd Flagellaten, wie z. B. Golenkinia botryoides, Actinastrum Hantzschii, Pediastrum pertusum und P. Boryanum, Scenedesmus quadricauda usw., Staurogenia apiculata, Lemmermannia emarginata, Didymogenes palatinus, Pandorina morum, Pleodorina illinoisensis (sehr charakteristisch!). Alle diese freischwebenden Formen sind namentlich bei Massentfaltung — ebenso wie gewisse Diatomeen (Stephanodiscus Hantzschianus, Cyclotella chaetoceros), Rotatorien (Brachionus pala, Br. lineatus) — Leitformen für Anreicherung gelöster N-haltiger organischer Substanz im Wasser.

nachzuweisen. Ungefähr 800 m unterhalb der Albmündung ergab das Planktonnetz nahe dem rechten Ufer von Abwasserresten dieses Mal nichts als ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel sowie Reste der Schale derselben. Abwasserpilze usw. konnten nicht mehr nachgewiesen werden. —

In den „Erläuterungen zu den ersten 3 (chemisch-bakteriologischen) Rheinuntersuchungen“ ist bemerkt worden, es bleibe unaufgeklärt, warum unterhalb der Albmündung (die bei km 197,6 liegt), bei km 197,8 eine Steigerung der Keimzahlen[1]) auf 26015, noch weiter abwärts bei km 199 gar eine solche auf 89375 stattfindet.

Ich glaube, diese beim ersten Blicke allerdings auffällige Zunahme der Keimzahlen erklärt sich einfach aus der Beschaffenheit des Ufers. Bis km 198,5 ist die Uferböschung fest und lückenlos gepflastert; von hier bis km 199,2 ist die Böschung dagegen nur mit lose aufliegenden größeren Steinen beworfen. In den Lücken und Höhlungen zwischen den Steinen hat sich sehr viel Rheinschlick abgelagert, der mitsamt seinen Bakterien durch den starken Wellenschlag der vorbeifahrenden großen Schleppdampfer — der Talweg führt hier am rechten Ufer vorbei! — aufgerührt und im Wasser suspendiert wird. Weiter oben ist wegen des Pflasterbaues eine ausgiebigere Sedimentierung des Schlickes unmöglich.

VII. Rheinstrecke Speyer-Ludwigshafen (18. August 1906).

Pegel bei Speyer morgens 365 cm; Temperatur des Wassers 18,5° C.

Speyerbach.

Das Wasser des Baches, erfüllt mit Massen treibender Sphaerotilus-Flocken, Küchenabfällen aller Art, weiter Mucor-Räschen, Bakterien-Zoogloeen, Stärkezellen, gelbe Muskelfasern usw., setzt sich durch seine trüb bräunliche Farbe scharf gegen das graugrüne Wasser des Rheins ab. Die Mischung vollzieht sich indessen sehr schnell, und bereits etwa 40—50 Schritte unterhalb der Mündung ist jeder Unterschied verwischt. Die Pilzflocken werden durch die Fluten des Stromes so bald verteilt, daß sie in ca. 50 m Entfernung von der Mündung nur noch nach längerem Exponieren des Netzes aufgefangen werden konnten.

Altrhein beim Angelhof und bei Otterstadt.

Das Plankton dieser beiden Altwässer erwies sich wieder als sehr reich an Arten und Individuen, reicher als jede andere offene Strombucht des Oberrheins. Im allgemeinen zeigt die Flora und Fauna große Übereinstimmung. Daß bei Otterstadt mehr Chlorophyceen vorkommen als beim Angelhof, dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, daß das zuerst genannte Dorf ganz nahe bei dem Altrhein liegt, so daß Abwässer leicht ihren Weg nach diesem finden, während beim Altrhein Angelhof die gleichnamige Ziegelei die einzige menschliche Siedelung ist.

---

[1]) Die Keimzahl des Rheins am rechten Ufer oberhalb der Albmündung betrug zur Zeit der Untersuchungen im Dezember 1904 nur 865.

Plankton der Altrheine beim Angelhof und bei Otterstadt.

		Angelhof	Otterstadt
Cyanophyceen:	Clathrocystis aeruginosa	—	sehr einzeln
Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides	nicht selten	nicht selten
	Asterionella gracillima	nicht selten	ziemlich häufig
	Synedra delicatissima	nicht selten	nicht selten
	Synedra actinastroides	—	sehr einzeln
	Fragilaria crotonensis	nicht selten	nicht selten
	Attheya Zachariasi	ziemlich häufig	häufig
	Melosira tenuis und var. tenuissima	ziemlich häufig	sehr häufig
	Cyclotella quadrijuncta	—	sehr einzeln
Chlorophyceen:	Pediastrum Boryanum	sehr einzeln	nicht selten
	Pediastrum pertusum	—	nicht selten
	Staurastrum gracile	—	nicht selten
	Coelastrum spec.	—	nicht selten
	Scenedesmus quadricauda	—	einzeln
Flagellata:	Eudorina elegans	sehr einzeln	—
	Dinobryon sertularia var. Dinobryon stipitatum Dinobryon angulatum	sehr häufig	ziemlich häufig
	Mallomonas dubia	häufig	ziemlich häufig
Heliozoen:	Acanthocystis lemani	—	nicht einzeln
Infusorien:	Tintinnidium fluviatile	einzeln	einzeln
	Codonella lacustris	nicht selten	nicht selten
Rotatorien:	Floscularia mutabilis	einzeln	—
	Asplanchna priodonta	nicht selten	einzeln
	Polyarthra platyptera	häufig	nicht selten
	Synchaeta stylata	einzeln	einzeln
	Polyarthra platyptera var. euryptera	—	einzeln
	Triarthra longiseta	ziemlich häufig	nicht selten
	Hudsonella pygmaea	nicht selten	nicht selten
	Mastigocerca capucina	einzeln	einzeln
	Mastigocerca pusilla	einzeln	einzeln
	Rattulus bicornis	einzeln	einzeln
	Pompholyx sulcata	—	ziemlich häufig
	Anuraea cochlearis	ziemlich häufig	ziemlich häufig
	„ „ var. tecta	häufig	ziemlich häufig
	„ „ var. hispida	nicht selten	ziemlich häufig
	„ „ var. irregularis	nicht selten	ziemlich häufig
	„ hypelasma	ziemlich häufig	ziemlich häufig

		Angelhof	Otterstadt
Krustazeen:	Daphnella brachyura	—	nicht selten
	Daphnia cucullata	—	nicht selten
	Bosmina cornuta	nicht selten	häufig.

Oberhalb der Mündung des Rehbaches befindet sich eine Stelle, welche in sehr instruktiver Weise zeigt, wie außerordentlich scharf gewisse Abwasserorganismen selbst auf ganz lokale Anreicherungen der ihre Entwicklung bestimmenden Stoffe reagieren. Es springt hier ein sogenannter „Sporen", d. h. ein durch einen Querdamm mit dem Ufer verbundenes Parallelwerk in den Rhein vor, an dessen Knie die Strömung einen sehr lebhaften Wirbel bildet. In dem davon umschlossenen Bezirke ruhigeren Wassers — eine Fläche von etwa 2—3 Quadratmetern — sind alle Steine am Grunde sowie die auf ihnen wurzelnden Büsche von Fontinalis antipyretica von etwa 1 cm hohen schneeweißen Räschen der Schwefelbakterie Thiothrix nivea wie mit einem feinen Rauhreif dicht überzogen. Woher stammt nun der für die Entwicklung dieser Schwefelbakterie unentbehrliche Schwefelwasserstoff? Die Antwort gaben einige faulende Regenwürmer, welche in den Tiothrix-Rasen lagen: im stillen Wasser des Wirbels sinken die vom Strome mitgeführten toten Organismen, Detritus aller Art usw. zu Boden und bilden hier inmitten einer ganz reinen Umgebung einen scharf begrenzten lokalen Fäulnisherd. Daß bei dem Zerfall des organischen Eiweißes hier eine ganz beträchtliche Menge von Schwefelwasserstoff entbunden wird, lehrt die Anhäufung eines schwarzen, an Schwefeleisen reichen Schlammes zwischen den Steinen am Grunde. Eine starke Methangärung der abgelagerten Pflanzenreste bewies die lebhafte Gasentwicklung beim Einstoßen eines Stockes[1]).

Planktonproben wurden auf dieser Strecke dem Rheine noch oberhalb Speyer und oberhalb Ludwigshafen, beide Male gegen das rechte Ufer zu entnommen. Eigentliche Verunreinigungen konnten nicht nachgewiesen werden.

VIII. Rheinstrecke Ludwigshafen-Worms (20. August 1906).

Pegel des Rheins 360 cm, steigend. Temperatur des Wassers 19,5° C.

Städtische Abwässer von Ludwigshafen.

Die Abwässer führten neben Sphaerotilus, Zoogloea ramigera, zahlreichen anderen Bakterien-Zoogloeen, gelben Muskelfasern, Zellulose- und Textilfasern usw. auch noch Fäkalbrocken mit sich, welch letztere etwa 600 m stromab direkt zu verfolgen waren. Besonders zahlreich waren dieselben mit Papierfetzen, Gemüse- und Strohresten direkt oberhalb des ersten Einlaufes der Abwässer der Anilinfabrik zusammengetrieben, wo die in starkem Schusse einströmenden Fabrik-Abwässer eine Art von Stau des Rheinwassers bewirkten.

[1]) Leider ist die Lokalität neuerdings zerstört worden, indem durch Fortsetzung des Parallelwerkes stromauf die Bedingungen für die Wirbelbildung aufgehoben wurden. Immerhin habe ich doch etwa 2 Jahre lang bei jedem einigermaßen günstigen Wasserstand, Sommer und Winter, das interessante Bild beobachten können.

400 m unterhalb der Ausmündung des städtischen Abwasser-Dolens waren die Steine der Uferböschung noch dicht mit Rasen von Sphaerotilus natans, untermischt mit Zoogloea ramigera, bekleidet. Von grünen Algen hatte sich hier schon Stigeoclonium tenue eingefunden, vielfach mit Bakterienkrusten bedeckt, daneben mit einzelnen Zickzackketten von Diatoma vulgare bewachsen. Die Fauna war durch zahlreiche Schnecken (Gulnaria [Limnaeus] ovata) mit Laich sowie durch Nephelis vulgaris vertreten.

Abwässer der Badischen Anilin- und Sodafabrik.

Die Einwirkungen organischer fäulnisfähiger Abwässer (von Städten, Brauereien, Zellulose- und Zuckerfabriken usw.) auf die Fauna und Flora des Vorfluters sind biologisch sowohl positiv im Sinne einer einseitigen Steigerung der Entwicklung bestimmter „Abwasserorganismen“ als auch negativ durch eine Verdrängung der normalen reines Wasser liebenden Tier- und Pflanzenwelt gekennzeichnet. Im Gegensatz hierzu lassen sich die Einwirkungen der nicht fäulnisfähigen, meist anorganischen Abwässer, wie sie aus chemischen Betrieben von der Art der Badischen Anilin- und Sodafabrik stammen, biologisch nur negativ und zwar durch die mehr oder weniger weitgehende Vernichtung der normalen Lebewelt des Vorfluters charakterisieren.

Ich unterscheide demgemäß unterhalb der Mündung derartiger Abwässer zunächst eine azoische Zone, in welcher alles tierische Leben völlig ausgetilgt ist. Die Erstreckung dieser Zone gestattet unter Berücksichtigung der Wasserführung des Vorfluters einen Rückschluß auf die Quantität, Konzentration sowie vor allem auf die Giftwirkung der Abwässer. Nach einer längeren oder kürzeren Entfernung beginnen auch hier wieder Tiere zu erscheinen, anfangs nur besonders resistente Formen, welche auch hochkonzentrierte organische Abwässer ertragen, bis sich schließlich wieder der durch die physische Konfiguration des Ufers bedingte Bestand der normalen Fauna und Flora zusammenfindet. Hier wäre dann die untere Grenze der an die azoische sich anschließenden „Verödungszone„, wie ich sie nenne, erreicht und damit auch die Grenze der direkten Einwirkung der betreffenden Abwässer überhaupt.

Theoretisch dürfte gegen diesen Versuch, die biologische Methode auch auf die Beurteilung der nicht fäulnisfähigen Abwässer chemischer Fabriken usw. auszudehnen, meines Erachtens kaum etwas einzuwenden sein[1]). In praktischer Beziehung ist die Feststellung der azoischen Zone, einen halbwegs günstigen Wasserstand vorausgesetzt, wohl stets leicht durchzuführen, besonders wenn man Vertreter der gröberen Fauna wie Schnecken, Gammarus, Asellus, Nephelis usw. als Indikatoren verwendet. Etwas

---

[1]) C. Mez hebt in seinem bekannten Werke: Mikroskopische Wasseranalyse (1899) S. 310 allerdings in gesperrtem Drucke hervor: „Sobald es sich um die Untersuchung eines mit anorganischen Verbindungen verunreinigten Wassers handelt, hat die chemische Wasseranalyse den Alleinbesitz des Feldes.“ Wo zahlenmäßige Feststellungen in Frage kommen, wird es der biologischen Wasseranalyse gewiß nicht einfallen, der älteren Schwester das Feld streitig zu machen. Ich sehe aber nicht ein, warum wir uns die Fähigkeit der lebenden Organismen, auf die Einwirkungen chemischer Agenzien vielfach selbst bei minimalster Dosierung noch entsprechend zu reagieren, nicht auch in unserem Falle zunutze machen sollten.

schwieriger ist nur die Konstatierung des unteren Endes der Verödungszone, da diese sich oft sehr weit stromab hinzieht.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte habe ich auch bei den Abwässern der Badischen Anilin- und Sodafabrik, welche als förmliche Farbenbäche in den Rhein stürzen, vor allem die Erstreckung der azoischen Zone festzustellen versucht. Am 20. August 1906 betrug dieselbe bei einem Pegelstande von 360 cm 800 m: in dieser Entfernung vom letzten Abwasserdolen fand sich das erste lebende Exemplar einer Schnecke (Gulnaria ovata). Bei einer späteren Untersuchung am 15. Oktober 1906 war bei einem Pegelstande von 180 cm die erste Schnecke erst 1300 m unterhalb des letzten Fabrikablaufes zu konstatieren, da bei der geringeren Wasserführung des Stromes die Abwässer naturgemäß eine viel beträchtlichere Strecke bedurften, bis sie so weit verdünnt waren, daß Tiere darin zu leben vermochten.

Am 20. August 1906 erschien also die erste Schnecke 800 m unter dem letzten Abwasserdolen der Anilinfabrik. In 1 km Entfernung wurde Gulnaria etwas häufiger, auch Laich fand sich vor; dazu traten noch von Krustazeen Asellus aquaticus und von Würmern einzelne Exemplare von Nephelis vulgaris. Diese drei Tiere bildeten auf kilometerweite Erstreckung die einzigen Vertreter der gröberen Fauna bis gegen den Frankenthaler Kanal; von hier aus bis zur nächsten Verunreinigungsquelle, den Abwässern von Worms, blieb die Fauna immer noch sehr arm und erreichte an keiner Stelle auch nur im entferntesten die Üppigkeit, wie sie oberhalb Ludwigshafen an entsprechenden Stellen so oft zu beobachten ist. Viel reicher war das Tierleben an der gegenüberliegenden rechten Seite des Stromes von der Mündung des Neckars bis zur Mündung der Waldhofabwässer; vor allem an festsitzenden Formen wie Spongillen und Bryozoen. Es dürfte dieses seinen Grund nicht allein im Fehlen einer lebentötenden Abwasserquelle sondern auch in einer ergiebigen Nahrungszufuhr durch den Neckar haben.

Neckar bei Mannheim.

Der Neckar führte dieses Mal große Mengen eines braunen, sehr feinkrümeligen, organischen Detritus zu Tal, untermischt mit einzelnen Exemplaren von Synura uvella, Pandorina morum und Synchaeta tremula, die wohl an den Sporen oberhalb Mannheim eingeschwemmt wurden. Typische Rheinformen des Planktons, wie z. B. Tabellaria, Asterionella, Ceratium usw. fehlten oberhalb der Mündung des Verbindungskanales völlig. Dafür fanden sich noch eine Anzahl Bodenformen wie eine kleine Cyclotella, Arcella vulgaris und Cyphoderia margaritacea sowie die Rotatorien Brachionus urceolaris und Br. bakeri. Abwässerorganismen wurden im Plankton völlig vermißt.

Abwässer der Stadt Mannheim.

Bei dem gegenwärtigen Pegelstande sind die auf die Sohle des Stromes eingeleiteten Abwässer unterhalb ihrer Mündung durch große aufquellende braune Schmutzwolken zu erkennen, die natürlich überreich sind an den sattsam bekannten typischen Resten der Haus- und Fäkalabwässer. 800 m unterhalb der Mündung waren alle diese Reste noch sehr reichlich im Plankton vorhanden, darunter besonders Stärke-

zellen der Kartoffel, weiter Zoogloea ramigera sowie gelbe Muskelfasern. Letztere fanden sich sogar noch 2 km weiter abwärts vor. Der Planktonfang bei 800 m zeigte weiter, daß hier die rechte Stromseite noch völlig unter dem Einfluß des Neckars steht, wie sich einerseits aus der Seltenheit des Rheinplanktons, anderseits aus dem Vorkommen des für den Neckar charakteristischen braunen, krümeligen, organischen Detritus sowie der Rädertiere Brachionus urceolaris und Br. bakeri ergab.

Die Untersuchung der Stromsohle war bei dem herrschenden Wasserstande aus den früher bereits dargelegten Gründen sehr erschwert. Das Schleppnetz brachte unterhalb der Mündung gewaltige Mengen von Kies herauf, unter dem einige eingemengte größere Schlackenstücke einen dichten Besatz niederer Sphaerotilus-Räschen aufwiesen.

Abwässer der Waldhoffabriken.

Die sehr schaumreichen braunen Abwässer der Waldhoffabriken haben 1 m unterhalb ihrer Mündung in den Rhein eine Temperatur von 21° C., während der Rhein in entsprechender Entfernung oberhalb eine solche von 19° C. aufwies. Von der Mündung an sind alle Steine vollständig mit den dicken schlüpfrigen Polstern von Fusarium überkleidet, denen sich weiter abwärts mehr und mehr Sphaerotilus beigesellt. Zwischen den Pilzrasen finden sich ganz enorme Mengen von Bakterien und Zellulosefasern angehäuft. Wie früher im Mai sind auf der Sandbank bei km 264 auch dieses Mal große Bänke gelbbraun inkrustierter Sphaerotilus-Rasen angeschwemmt. Auch im freien Wasser des Stromes treiben entlang des rechten Ufers zahlreiche Flocken, aber doch lange nicht in der Zahl wie im Mai. Auf der Höhe der Mündung der Waldhofabwässer zeigte das Wasser im Querprofil des Rheins folgende, mit freiem Auge wahrnehmbare Färbungen und Verunreinigungen:

Linkes Ufer auf ca. 30 m grünlichbraun gefärbt (Anilinfabrik), Mitte grüngrau; rechtes Ufer ca. 5—10 m breite Streifen dunkelbraun mit treibenden Sphaerotilus-Flocken (Waldhofabwässer). Noch in der Gegend des Roxheimer Kandels, ca. 6 km weiter stromab, war das Wasser entlang des linken Ufers deutlich dunkler gefärbt; die Sphaerotilus-Flocken sind von dem rechten Ufer her bis etwa ein Drittel der Strombreite vorgedrungen. Die Sichttiefe betrug oberhalb des Welschen Lochs (Lampertheimer Altrhein) links 80 cm, in der Mitte 65 cm, rechts 65 cm.

Frankenthaler Kanal.

Der Spiegel des Kanals ist dicht mit Wasserlinsen (Lemna) bedeckt. Das Wasser erscheint im Vergleich zu früheren Untersuchungen reiner; es fehlen oberhalb der Schleuse dieses Mal vor allem die stinkenden Schlammfladen. Im freien Wasser ist die Tierwelt recht arm; nur einige Bodenformen (Euplotes patella, Vorticellen-Köpfe, Rotifer vulgaris, Pterodina patina, Brachionus urceolaris) wurden erbeutet.

IX. Rheinstrecke Worms-Oppenheim (21. August 1906).

Pegel bei Worms 95 cm, steigend.

Profil des Rheins oberhalb Worms.

Oberhalb der Brücke sowie auch oberhalb der Mündung des Abwässergrabens der Lederfabrik wurde am 20. August das biologische Profil aufgenommen. Dasselbe mußte sich lediglich auf Planktonproben beschränken, da aus der Tiefe des Rheins überall nichts als blanker Kies heraufbefördert wurde, und die Steine des Ufers bei dem steigenden Wasserstand keine Ausbeute gewährten.

Linkes Ufer. Sichttiefe 85 cm. Wasser noch etwas dunkler als in der Mitte. Viel Detritus, viele Zellulosefasern (doch weit weniger als in der Mitte), einzelne mikroskopische Sphaerotilus-Räschen. Von eigentlichen Planktonorganismen neben den typischen Rheinformen, die beim Profil Weisenau genauer aufgezählt werden sollen, einzelne Clathrocystis aeruginosa, Pediastrum simplex, Staurastrum gracile, Golenkinia botryoides, Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla, Brachionus pala — Organismen, die zum größten Teil wohl aus dem Roxheimer Altrhein eingeschwemmt sein dürften.

Mitte des Stromes. Sichttiefe 75 cm. Sehr viel organischer Detritus; einzelne treibende Sphaerotilus-Flocken. Mikroskopisch sehr viele Zellulosefasern, kleine Fusarium-Räschen; von Planktonorganismen neben den typischen Rheinformen einzelne Exemplare der Alge Chodatella longiseta.

Rechtes Ufer. Sichttiefe 65 cm. Mehr treibende Sphaerotilus-Flocken als in der Mitte, aber nicht entfernt so viele als im Mai 1906. — Leider ist das Glas, welches das konservierte Planktonmaterial von dieser Stelle enthielt, beim Transport zerbrochen.

Eine besondere Erwähnung verdient bei diesem Profil die ganze regelmäßige Abnahme der Sichttiefe vom linken Ufer über die Mitte nach dem rechten Ufer zu, wie sie in den Zahlen 85—75—65 zum Ausdruck kommt. Vergegenwärtigen wir uns, daß die Sichttiefe im wesentlichen von der Dichte der im Wasser suspendierten kleinsten Körperchen — Detritus, Organismen — abhängig ist, so lehren uns die Zahlen auf das deutlichste, daß die so detritusreichen Abwässer von Mannheim und der Waldhoffabriken und wohl sicher auch die des Neckar noch bei Worms eine Trübung des Rheinwassers am rechten Ufer sowie in der Strommitte hervorzurufen imstande sind. Gleichzeitig ergibt sich, daß die detritusfreien Abwässer der Anilinfabrik das Wasser zwar sehr intensiv zu färben, aber kaum besonders zu trüben vermögen, wie aus der Sichttiefe 85 cm in dem deutlich noch etwas bräunlicherem Wasser am linken Ufer hervorgeht.

Abwässer der Lederfabrik oberhalb Worms.

Wie bisher bei allen Untersuchungen war auch dieses Mal das Wasser des Grabens stark gelbbraun gefärbt und der stinkende Schlamm am Boden reich an Haaren. Trotzdem scheint die Einwirkung dieser Abwässer auf den Rhein bei dem gegenwärtigen Pegelstande nur recht unbedeutend zu sein. Im Plankton unmittelbar bei der Mündung wurden vereinzelte Haare angetroffen, in 50 m Entfernung davon schon nicht mehr.

Städtische Abwässer von Worms.

Die Abwässer der Stadt Worms bilden dieses Mal eine ausgesprochen bordeauxfarbige trübe Brühe, die anfangs als Schmutzstreifen von etwa 5 m Breite abfließt, bis gegen die Brücke zu sich aber allmählich auf ca. 30 m verbreitet. Die Sichttiefe innerhalb des Streifens betrug 500 m unterhalb der Mündung 45 cm, in 1 km Entfernung 65 cm. Neben kleinen Sphaerotilus-Räschen, Schimmelpilzen, vielen Bakterien-Zoogloeen, Stärkezellen führten die Abwässer vor allem große Mengen von Haaren, blauen Woll- und Textilfasern mit sich sowie Farbstoffflitter von der nämlichen Farbe. Diese Reste fanden sich alle noch in 1 km Entfernung zahlreich im Plankton vor; Fäkalreste wurden, wie bisher, völlig vermißt.

Am Ufer war Sphaerotilus unmittelbar bei der Ausmündung anfangs etwas spärlich (Einwirkung von Fabrikabwässern?), nahm aber bald zu, so daß etwa 200 m abwärts die Steine dicht damit bedeckt waren. Bei 1 km Entfernung fanden sich nur noch kleine niedere Rasen.

Bei dem Versuche, zwischen der Wormser Brücke und Rheindürkheim am Grunde des Stromes nach Abwasserresten zu fahnden, blieb bei Kilometer 261,5 das große Schleppnetz an einem Hindernis hängen und ging verloren.

Abwässer der Strohstofffabrik Rheindürkheim.

An die Einmündung der gelben außerordentlich schaumreichen Abwässer dieser Fabrik schließt sich stromab eine azoische Strecke von etwa 200 m Länge an. In dieser Entfernung stellte sich die erste Gulnaria ovata sowie Nephelis vulgaris ein, denen sich bei 300 m noch Asellus aquaticus zugesellte. Am Ufer war Sphaerotilus über 300 m weit in Gestalt kleiner dichter Räschen direkt zu verfolgen.

Das Planktonnetz ergab hier außerordentliche Mengen mehr oder weniger isolierter Strohzellen, die von nun an in allen weiter abwärts gewonnenen Planktonproben erscheinen.

Profil des Rheins bei Gernsheim.

Da der Rhein unterhalb Gernsheim eine sehr scharfe Biegung macht, schien es von Interesse, oberhalb des Ortes noch einmal die Verteilung des suspendierten Materials im Querprofil des Stromes festzustellen.

Hierbei ergab sich:

Linkes Ufer. Sichttiefe 75 cm. Viel Detritus in grauer Farbe. Viele Strohzellen, blaue Textilfasern und Farbstoffflitter, zahlreiche Cladothrix-Räschen, Pflanzenreste, einzelne Kartoffelzellen.

Mitte des Stromes. Sichttiefe 85 cm. Strohzellen weniger zahlreich als links, Reste blauer Textilfasern, Zellulosefasern, ziemlich viel Cladothrix.

Rechtes Ufer. Sichttiefe 70 cm. Zellulosefasern entschieden zahlreicher wie in der Mitte, Strohzellen einzeln, ebenso Tierhaare. Cladothrix-Räschen nicht selten. Das Plankton ist hier deutlich reicher als an den beiden anderen Stellen des Profils: neben den typischen Rheinformen (unter ihnen Anapus ovalis, Rattulus bicornis, Dreyssensia-Larven) noch Formen wie Chodatella longiseta, Scenedesmus quadricauda, Euglena viridis, Phacus pleuronectes, Brachionus pala.

Wie man sieht, ist die Sichttiefe hier am linken Ufer um 10 cm geringer als oberhalb Worms; wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir diese stärkere Trübung noch auf Rechnung der Abwässer von Worms und derjenigen der Strohstofffabrik bei Rheindürkheim setzen. Rechts hat die Sichttiefe gegenüber Worms nur um 5 cm zugenommen, sie ist also um nicht weniger als 15 cm geringer als in der Mitte des Stromes. Ich halte es für durchaus möglich, daß diese Trübung wie bei Worms noch von den Abwässern von Mannheim und der Waldhoffabriken sowie vom Neckar herrührt, um so mehr, als vielfältige Beobachtungen des Planktons und Pseudoplanktons mich erkennen ließen, daß sich die Abwässer und Zuflüsse im Strome viel länger und viel zäher an dem Ufer entlang ziehen, an dem sie einmünden, als man nach oberflächlicher Betrachtung wohl annehmen möchte. Dies gilt in erster Linie für große breitflutende Gewässer wie der Rhein, welche durch die Korrektion in möglichst geradelinige Stromschläuche umgewandelt wurden, in denen alle die Mischung fördernden Faktoren, wie starke Biegungen des Laufes, Hindernisse auf der Stromsohle usw. im Interesse der Schiffahrt nach Möglichkeit beseitigt wurden. Ich gedenke diesen Verhältnissen noch besondere Aufmerksamkeit zu widmen und begnüge mich darum hier mit diesen Andeutungen[1]).

Altrhein bei Stockstadt.

Eine Planktonprobe nahe der unteren Mündung dieses großen Altwassers ergab ein quantitativ ziemlich ärmliches Plankton, was seine Erklärung darin findet, daß der Altrhein mehr strömendes Wasser führt. Am zahlreichsten waren noch die Diatomeen, besonders Tabellaria fenestrata var. asterionelloides; weiter mehr einzeln Melosira tenuis und var. tenuissima, Synedra delicatissima, S. actinastroides, Fragilaria crotonensis, Asterionella gracillima, Attheya Zachariasi, Cyclotella melosiroides. Die Algen waren durch Dictyosphaerium pulchellum, Actinastrum Hantzschii, Chodatella longiseta, die Flagellaten durch Pandorina morum sowie Ceratium hirundinella vertreten. Äußerst spärlich waren die Tiere, vor allem die Rotatorien, von denen nur einzelne Synchaeta stylata, Brachionus pala und Anuraea cochlearis beobachtet wurden. Wie ein Vergleich mit den bei Worms und Gernsheim erwähnten Planktonorganismen dartut, handelt es sich hier hauptsächlich um Formen, welche aus dem strömenden Rhein eingespült wurden und die sich dann in den Buchten des Altwassers etwas lebhafter vermehrt hatten, als es in dem stärker strömenden Rhein sonst möglich ist.

X. Rheinstrecke Oppenheim-Mainz (22. August 1906).

Pegelstand bei Oppenheim 156 cm; Temperatur des Wassers 18° C., der Luft 17° C.

Hafen von Oppenheim.

Das Plankton des Hafens war in qualitativer und quantitativer Hinsicht so reich, daß die Sichttiefe in dem stagnierenden Wasser hier nur 60 cm (gegen 65 cm im strömenden detritusreichen offenen Strome!) betrug.

---

[1]) Dieses auffallend lange „Kleben" der Abwässer und Zuflüsse an ihrer Uferseite dürfte auch dartun, daß die Berechnungen über die Verdünnung, welche die Abwässer in einem Strome erleiden, vielfach nur theoretischen Wert besitzen, da hierbei wohl stets ohne weiteres die gesamte Wassermasse des Querprofils in Rechnung gesetzt wird.

Plankton des Oppenheimer Hafens.

Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
Asterionella gracillima ziemlich häufig,
Synedra delicatissima nicht selten,
Synedra actinastroides einzeln,
Fragilaria crotonensis nicht selten,
Attheya Zachariasi sehr einzeln,
Melosira tenuis sehr häufig,
Melosira tenuis var. tenuissima[1]) sehr häufig,
Stephanodiscus Hantzschianus einzeln,
Cyclotella melosiroides einzeln,
(Diatoma elongatum nicht selten).

Chlorophyceen: Pediastrum Boryanum nicht selten,
Pediastrum pertusum nicht selten,
Dictyosphaerium pulchellum einzeln,
Actinastrum Hantzschii einzeln,
Golenkinia botryoides einzeln,
Chodatella longiseta einzeln,
Gloeotila spiralis nicht selten,
Mougeotia spec. ziemlich häufig.

Heliozoen: Acanthocystis lemani einzeln.

Flagellaten: Dinobryon stipitatum } sehr häufig,
Dinobryon angulatum } sehr häufig,
Synura uvella nicht selten,
Ceratium hirundinella nicht selten,
Bicosoeca lacustris (auf Melosira) nicht selten,
Peridinium quadridens nicht selten.

Infusorien: Tintinnidium fluviatile (klein) einzeln,
Epistylis lacustris nicht selten.

Rotatorien: Asplanchna priodonta einzeln,
Floscularia spec. einzeln,
Triarthra longiseta einzeln,
Polyarthra platyptera euryptera nicht selten,
Mastigocerca capucina nicht selten,
Anuraea cochlearis irregularis häufig,
Anuraea cochlearis tecta häufig,
Schizocerca diversicornis einzeln,
Brachionus angularis einzeln.

Krustazeen: Bosmina cornuta ziemlich häufig,
Daphnella brachyura einzeln.

---

[1]) Vereinzelt auch in einer forma spiralis, bei welcher die Ketten in Spiralen (bis 2½ Umgängen) gedreht waren. Dieselbe Form fand sich auch im freien Rhein bei Worms sowie im Altrhein Stockstadt.

Rhein bei Nierstein.

Die Böschung des linken Stromufers ist hier meist mit großen Brocken von Tertiärkalk beworfen, der bei Oppenheim gebrochen wird. Die löcherreiche, höckerige Oberfläche dieser Steine bietet der Fauna trefflich Schutz; kein Wunder, daß darum die Tierwelt so reich entwickelt ist. Am zahlreichsten der Individuenzahl nach ist die Schnecke Bythinia tentaculata, die in allen Altersstadien bisweilen zu Hunderten einen einzigen größeren Block besiedelte, dann Neritina fluviatilis, Gulnaria ovata, Gammarus fluviatilis, Nephelis vulgaris, Dendrocoelum lacteum, Planaria gonocephala. Von Insektenlarven Hydropsyche, Baëtis einzeln.

Altrhein bei Ginsheim.

Da sich schon früher zeigen ließ, daß der Altrhein von Ginsheim resp. der in denselben sich ergießende Schwarzbach imstande ist, bei entsprechendem Pegelstande die rechtsseitige Probeentnahmestelle des Profils von Weisenau zu beeinflussen, wurde er auch dieses Mal wieder in den Bereich der Untersuchung gezogen[1]). Es ergab sich hierbei als

Plankton des Altrheins Ginsheim.

Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig,
Synedra delicatissima ziemlich häufig,
Fragilaria crotonensis ziemlich häufig,
Asterionella gracillima häufig,
Attheya Zachariasi einzeln,
Melosira tenuis und var. tenuissima sehr häufig,
Cyclotella bodanica einzeln.

Chlorophyceen: Pediastrum boryanum ziemlich häufig,
Pediastrum pertusum ziemlich häufig,
Oocystis lacustris einzeln,
Mougeotia spec. nicht selten.

Flagellaten: Eudorina elegans nicht selten,
Ceratium hirundinella ziemlich häufig.

Infusorien: Codonella lacustris nicht selten.

Rotatorien: Asplanchna priodonta nicht selten,
Synchaeta grandis einzeln,
Polyarthra platyptera euryptera ziemlich häufig,
Pompholyx sulcata einzeln,
Anuraea aculeata nicht selten,
Anuraea cochlearis nicht selten.

---

[1]) Auch die etwas oberhalb im offenen Strome gelegenen Schiffsmühlen wurden kurz besucht. Der Besatz von Bangia atropurpurea war noch spärlicher als im Mai. Von botanischem Interesse war das Vorkommen einer eigenartigen Cyanophycee, die an die Gattung Ammatoidea West erinnerte.

Krustazeen: Daphnella brachyura nicht selten,
Hyalodaphnia cucullata mit var. kahlbergensis nicht selten,
Bosmina cornuta ziemlich häufig,
Ceriodaphnia spec. nicht selten,
Cyclops spec. ziemlich häufig.
Mollusken: Dreyssensia-Larven einzeln.

Eine tiefer greifende biologische Beeinflussung des Profils bei Weisenau durch den Altrhein ist dieses Mal kaum zu konstatieren, vor allem wohl, weil jetzt im Sommer die treibenden Oscillarien- und Diatomeenfladen, welche im Frühjahr aus den Altwässern in den offenen Strom treiben (vergl. Mai 1906), fehlen.

Biologisches Profil des Rheins bei Weisenau.

Das als Abschluß meiner Untersuchungen aufgenommene Profil des Rheins bei Weisenau mußte sich wie bei Worms auf Bestimmung des im freien Wasser des Stroms suspendierten Planktons und Pseudoplanktons beschränken, da an der Probeentnahmestelle die Sohle des Stromes gleichmäßig mit völlig azoischem Kies und grobem Sande bedeckt war.

Der Rückstand im Planktonnetz war recht beträchtlich: viel mineralischer und organischer Detritus aller Art. Von Abwasserresten ergaben sich:

Linkes Ufer. Sichttiefe 70 cm. Strohzellen, blaue Textilfasern, Haare, ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel, ziemlich viele Zellulosefasern. — Räschen von Cladothrix.

Strommitte. Sichttiefe 65 cm. Strohzellen, blaue Textilfasern, Zellulosefasern, ein Exemplar von Zoogloea ramigera. — Cladothrix-Rasen.

Rechtes Ufer. Sichttiefe 70 cm. Entschieden am reichsten an Pseudoplankton! Strohzellen einzeln, Haare, Pflanzenreste, ausgelaugte Stärkezellen, viele Zellusosefasern. — Cladothrix-Rasen.

Wie man sieht, besteht zwischen den einzelnen Probestellen des Profils kaum ein besonderer Unterschied; was von den weiter oben eingeführten Abwasserresten noch vorhanden ist, erscheint hier ziemlich gleichmäßig über die ganze Breite des Stromes verteilt. Dasselbe gilt auch von den Organismen des Planktons; ein einseitiges Vorkommen einzelner Formen in den Fängen nahe den beiden Ufern dürfte seine Erklärung wohl darin finden, daß die betreffenden Organismen aus Altwässern (Stockstadt, Ginsheim) oder Häfen (Oppenheim) oberhalb eingeschwemmt wurden. Ich darf darum wohl auch im allgemeinen die Ergebnisse der drei Fänge zusammen abhandeln.

Plankton des Rheins bei Weisenau.

Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
Asterionella gracillima ziemlich häufig,
Fragilaria crotonensis ziemlich häufig,
Synedra delicatissima nicht selten,
Melosira tenuis und var. nicht selten,
Cyclotella bodanica einzeln,
Stephanodiscus astraea sehr einzeln,
St. Hantzschianus var. pusilla sehr einzeln,
Diatoma elongatum einzeln.

Chlorophyceen: Pediastrum pertusum einzeln,
Pediastrum boryanum einzeln,
Dictyosphaerium pulchellum sehr einzeln,
Golenkinia botryoides einzeln,
Actinastrum Hantzschii einzeln,
Chodatella longiseta sehr einzeln,
Mougeotia spec. einzeln,
Staurastrum gracile einzeln.

Flagellaten: Eudorina elegans einzeln,
Gonium pectorale sehr einzeln (rechts),
Dinobryon sertularia einzeln,
Dinobryon angulatum sehr einzeln,
Synura uvella einzeln,
Ceratium hirundinella nicht selten,
Peridinium quadridens einzeln,
Peridinium cinctum sehr einzeln,
Peridinium maeandricum sehr einzeln.

Rotatorien: Synchaeta tremula sehr einzeln,
Anapus ovalis sehr einzeln,
Hudsonella pygmaea sehr einzeln,
Pompholyx sulcata sehr einzeln (rechts),
Brachionus pala sehr einzeln,
Anuraea cochlearis sehr einzeln,
Anuraea cochlearis irregularis sehr einzeln,
Anuraea cochlearis tecta sehr einzeln,
Notholca longispina sehr einzeln.

Mollusken: Dreyssensia polymorpha-Larven sehr einzeln.

Bericht über die Ergebnisse der dritten vom 15. bis zum 22. August 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.

Von

Professor **Dr. Marsson**

Mitglied der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

I. Rhein: Profil Weisenau.

Die Strecke Oppenheim-Weisenau wurde diesmal von den beiden biologischen Sachverständigen Professor Dr. Lauterborn und Professor Dr. Marsson erst nach Beendigung der beiderseitigen Untersuchungen am 22. August 1906 gemeinschaftlich befahren.

A. Linke Flußseite: Sichttiefe 70 cm. Temperatur des Wassers 20,1° bei 18,3° Lufttemperatur. Reaktion nach 5 Minuten langer Einwirkung auf Lakmus: deutlich alkalisch.

a) Plankton: Es wurden bei der vom 15. bis zum 22. August stattfindenden Untersuchung des für die Jahreszeit typischen Rheinplanktons keine wesentlichen Unterschiede in der Zusammensetzung desselben auf der Strecke Weisenau-Niederwerth festgestellt; es sei deshalb hier von vornherein eine Aufzählung der für Mitte August charakteristischen Schwebeorganismen gegeben, um bei den an den verschiedenen durch den Berichterstatter untersuchten Stellen zu dieser Zeit sich wiederfindenden Organismen die Wiederholung in der Aufführung der Spezies zu vermeiden. Sehr viel mineralischer Detritus zum großen Teil aus Calciumkarbonat bestehend, ist im Plankton stets überwiegend. Von Planktonten tritt vorwiegend Tabellaria fenestrata forma asterionelloides auf, auch Fragilaria crotonensis ist häufig, Fragilaria capucina nur einzeln; ferner sind nicht selten Synedra ulna var. longissima, Synedra delicatissima var. angustissima, Synedra ulna var. splendens, Synedra actinastroides, Melosira granulata var. procera mit forma tenerrima, Melosira granulata var. tenuis, Melosira crenulata var. ambigua, Melosira italica var. tenuis und tenuissima, Asterionella gracillima in 4- und 8-strahligen Sternen; mehr einzeln Diatoma elongatum, Cyclotella comta und meneghiniana sowie Stephanodiscus astraea; Dinobryon cylindricum var. divergens, Din. protuberans und Dinobryon sociale; Ceratium hirundinella sowohl mit lang als auch mit kurz ausgebildeten Hörnern, Peridinium tabulatum, mehr einzeln Peridinium cinctum, quadridens

und berolinum; Eudorina elegans und Pandorina morum, beide ziemlich gleichmäßig in den meisten Fängen vorhanden, mehr einzeln Botryococcus brauni, Pediastrum boryanum mit den Varietäten genuinum, brevicorne und auch longicorne, Pediastrum duplex var. clathratum und reticulatum; neben einzelnen Scenedesmen (quadricauda, obliquus und acuminatus) kommen von Pleurococcaceen im August noch vor, doch nicht überall zugleich: Oocystis marssoni und lacustris, Dictyosphaerium pulchellum, Golenkinia radiata und botryoides, Schroederia setigera, Tetracoccus botryoides, Actinastrum hantzschi mit var. fluviatilis sowie Chodatella longiseta. In fast allen Augustfängen ist auch Staurastrum paradoxum und polymorphum vertreten, seltener gracile. Schizophyceen sind im August selten, dann und wann finden sich Bündel von Aphanizomenon flos aquae, einzeln Oscillatoria agardhi, noch mehr einzeln Oscillatoria rubescens, auch Clathrocystis aeruginosa ist selten, oft schon im zersetzten Zustande, ebenso Coelosphaerium kützingianum, etwas häufiger Gomphosphaeria lacustris; einzeln kommt zerstreut vor Lyngbya limnetica. Von Protozoen ist in den meisten Fängen Arcella vulgaris zu finden, weniger Difflugia, von letzterer Gattung meist die Art pyriformis, zuweilen auch hydrostatica. Im Plankton des reineren Rheinwassers kommen im August ciliate Infusorien und farblose Flagellaten sehr selten vor. Von Rotatorien sind stets zu finden Anuraea cochlearis mit ihren Varietäten, zahlreicher noch Brachionen, von denen wieder Brachionus pala var. amphiceros überwiegt mit Brachionus angularis, seltener rhenanus, ebenso Asplanchna priodonta, auch Polyarthra platyptera und Triarthra longiseta sind häufig, besonders die erstere, ferner Synchaeta pectinata und tremula, mehr einzeln Notholca longispina und Mastigocerca capucina, noch seltener Pompholyx sulcata. Von Krustazeen überwiegen wie auch zu den andern Jahreszeiten die Entwickelungszustände von Cyclopsarten, welche im ausgewachsenen Zustande viel seltener sind, noch seltener Diaptomus, dagegen verhältnismäßig häufig Bosmina cornuta-longirostris, ganz einzeln Bosmina coregoni; Diaphanosoma brachyurum tritt erst weiter unterhalb, aus den Häfen und toten Armen zugeschwemmt, häufiger auf, meist in Jugendformen; ferner kommen die Larven der Wandermuschel Dreissensia polymorpha zur Beobachtung.

Neben allen diesen für die betreffende Jahreszeit typischen Rheinplanktonten werden auf der linken Seite im Weisenauer Profil vom Wasserpilz Sphaerotilus natans nur spärliche Flocken aufgefunden.

b) Flußboden: Beim ersten 20 m langen Dretschezug nichts gehoben, beim zweiten nur wenig Abfall und ein Trieb von Lemna trisulca.

B. Strommitte, Sichttiefe 65 cm.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton wie A, daneben noch Nitzschia acicularis und Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus, einzeln Synura uvella und Schalen von Synedra ulna, Cymbella lanceolata und Surirellen, lebend noch Surirella ovalis var. angusta, Melorisa varians, Diatoma vulgare, Synedra ulna var. splendens und Nitzschia linearis.

b) Flußboden: Einiger Abfall und mehrere größere Sphaerotilusflocken in Zersetzung begriffen.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 70 cm.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton wie A, doch mehr Sphaerotilus, auch an vegetabilischem Detritus wachsend, Zellulosefasern sind im Plankton der rechten Flußseite ziemlich häufig sowie Oscillatorienbruchstücke, auch treiben hier mit dem Rheinwasser Eier von Chironomiden sowie Bodenformen von Kieselalgen wie in B.

b) Flußboden: Nichts gedretscht.

Im August[1]), also in der wärmeren Jahreszeit bei einer während der Untersuchung durchschnittlichen Wassertemperatur von 20⁰ C, führt der Rhein eine große Menge von Vertretern des pflanzlichen Limno- und Potamoplanktons mit sich, sowohl an Arten- als auch an Individuenzahl. Neben den noch immer recht zahlreich vorkommenden planktonischen Kieselalgen treten besonders grüne Algen auf und zwar freischwebende Formen. Die blaugrünen Arten der limnetischen Flora sind auffallender Weise nicht häufig auf der Strecke Weisenau bis Koblenz; vielleicht war das Maximum der Wasserblüte, welches in der Regel in den Monat Juli bis gegen Mitte August fällt, schon vorüber, und wurde solches Material aus den Schweizer Seen und den Altrheinen nur noch in einzelnen Vertretern vom Rheinstrome mitgeführt. Auch die gelben Flagellaten kamen nur einzeln vor.

Die Vertreter der Mikrofauna, namentlich die Rotatorien, bleiben in ihrer Individuenzahl ziemlich gleich den Befunden der früheren Untersuchungen, nur einzelne Gattungen, namentlich die Brachionen, wechseln in ihrer Menge je nach den weiter unterhalb auf der rechten Rheinseite zuströmenden Abwässern. Im August sind auch die freischwimmenden jungen Larven der Wandermuschel Dreissensia polymorpha durchaus nicht selten, während dieselben nach mehrjährigen Feststellungen des Berichterstatters beispielsweise in der Spree und den verschiedenen mit ihr in Verbinduug stehenden Seen während des Monats Mai am häufigsten auftraten, im Spätsommer dagegen im Plankton verschwunden waren.

Was nun im besonderen das Profil Weisenau betrifft, so zeigt das Plankton der linken Flußseite eine etwas andere Beschaffenheit als das der rechten; während der Pilz Sphaerotilus natans auf der linken Seite nur selten vorkommt, ist er auf der rechten häufiger, sogar am Detritus; ebenso finden sich hier Zellulosefasern. Durch diese Befunde scheinen sich die am rechten Ufer bei Waldhoff zugeflossenen Zellulosefabrikabwässer bei Weisenau noch kenntlich zu machen.

II. Profil Mainz.

Mainzer Pegel am 15. August = 1,36. Wassertemperatur 9 Uhr morgens 25⁰ bei 21⁰ Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 61.

Plankton: Typisches Rheinplankton wie bei Weisenau charakterisiert durch viel mineralischen Detritus, auch organischer Detritus ist häufig, sonst noch Uroglena volvox und Ceratium cornutum, Sphaerotilus natans in mikroskopisch kleinen Flöckchen. In einer gegen Mittag gefischten Probe findet sich noch Coleps hirtus sowie Synura

---

[1]) Die früheren biologischen Untersuchungen des Rheins fanden statt im Oktober 1905 und Mai 1906.

uvella in großen Kolonien. Neben in lebhafter Bewegung befindlichen Rotatorien kommen auch abgestorbene Arten vor wie Notholca longispina und Hudsonella pygmaea (Gastropus stylifer), gleichfalls tote Nauplien; einzeln lebend vorhanden ist noch Rotifer vulgaris.

B. Strommitte. Sichttiefe 65.

Plankton: wie an der linken Seite, auch Coleps hirtus, ferner einzeln Chlamydomonas. Cyclops ist hier häufiger, auch Weibchen mit Eierpaketen; unter den Brachionen auch Brachionus rhenanus, Triarthra longiseta ist nicht selten.

C. Rechte Flußseite bei Castel. Sichttiefe 60.

Organismen wie in der Strommitte, neben Coleps kommt auch Paramaecium caudatum vor. Unter den Rotatorien überwiegen stark die Brachionen, häufig ist auch Triarthra longiseta, mehr einzeln Notholca longispina, Rotifer vulgaris und Actinurus neptunius; ferner finden sich nicht selten blaue Farbschollen.

III. Stille Buchten bei Mainz.

1. Winterhafen oberhalb Mainz, Sichttiefe 69.

Plankton: Überwiegend ist Eudorina elegans neben sehr viel Tabellaria fenestrata asterionelloides, auch Fragilaria crotonensis und schlanke Synedren sind häufig, neben Synedra ulna var. longissima und Synedra delicatissima var. angustissima auch Synedra actinastroides mit var. opoliensis, welche Berichterstatter an keiner anderen Stelle Deutschlands so häufig vorfand als hier; Asterionella tritt dagegen zurück; von Diatomaceen kommen noch einzeln vor: Diatoma elongatum, Cyclotella comta, Melosira italica var. tenuis und tenuissima, Melosira granulata var. procera, Melosira varians Nitzschia acicularis, Attheya zachariasi nicht selten und einzelne Bodenformen wie Nitzschia palea u. a. Von Algen ist ferner nicht selten Uroglena volvox, etwas mehr einzeln Gonium pectorale, Pandorina, Synura uvella, Dynobryon sociale, Ceratium hirundinella, Peridinium tabulatum, cinctum und beroliniense, Peridiniopsis westi Lemmerm., Glenodinium penardi, Trachelomonas volvocina und hispida mit var. punctata, Phacus setosus, Colacium vesiculosum mit var. natans, Lepocinclis ovum var. palatinum, Cryptomonas erosa, Euglena viridis und oxyuris ganz einzeln, Scenedesmus quadricauda und bijugatus, Pediastrum duplex var. clathratum und Pediastrum simplex, Actinastrum hantzschi var. fluviatilis, Dictyosphaerium pulchellum, Staurastrum polymorphum, Cosmarium phaseolus und Oscillatoria agardhi. Von Protozoen finden sich einzelne Vorticellen und Bicoeca lacustris, häufiger Tintinnidium fluviatile, ganz einzeln Cryptodiffluggia oviformis und Microgromia spec. (20 μ). Rotatorien treten gegen die Algen ganz zurück, nur Anuraea cochlearis mit tecta treten etwas mehr in die Erscheinung; ganz einzeln: Asplanchna priodonta, Triarthra longiseta, Synchaeta pectinata, Brachionus amphiceros und Polyarthra platyptera; ganz scheinen die Krustazeen zu fehlen, von denen nur einzelne Panzer von Cyclops und Bosmina aufzufinden sind.

Das Verhältnis der Mikrofauna zur Mikroflora hat sich im Gegensatz zu den Resultaten der Maiuntersuchung gänzlich verschoben. Während im Mai die Rotatorien, besonders die Arten Asplanchna priodonta und Anuraea cochlearis, freilich neben

Uroglena volvox, im Winterhafen dominierten, sind sie jetzt nur ganz einzeln aufzufinden, während die Kieselalgen sowie die grünen Planktonalgen stark überwiegen. Die Sichttiefe beträgt jetzt 69 cm, während sie im Mai $1^1/_2$ m betrug.

2. Gustavsburger Hafen, rechte Rheinseite oberhalb Mainzufluß.

A. Hafen selbst.

Plankton im stillen Wasser: Wenig mineralischer Detritus, mehr organischer undefinierbarer, auch Holzfasern. Von Planktonten überwiegen die kieselschaligen Algen, ganz besonders Tabellaria fenestrata sowohl in Stern- als auch in Kettenform, auch Fragilaria crotonensis ist häufig, weniger Fragilaria capucina, ferner Asterionella gracillima und formosa, Melosira italica var. tenuis und tenuissima, Synedra actinastroides mit var. opoliensis, Synedra longissima und delicatissima, Diatoma elongatum in Ketten, Nitzschia acicularis, Cymatopleura solea, einzeln Nitzschia sigmoidea; von Geißelalgen Dinobryon sociale und cylindricum, Synura uvella, Uroglena volvox, Eudorina elegans und Pandorina morum; von Peridineen: Ceratium hirundinella nicht selten, einzeln Glenodinium penardi; von Pleurococcaceen: Schroederia setigera, Chodatella longiseta, Oocystis lacustris, Dictoysphaerium pulchellum, Golenkinia radiata und botryoides, Rhaphidium polymorphum, Scenedesmus quadricauda, Tetracoccus botryoides, auch einzelne Pediastren; von blaugrünen Algen: Oscillatoria agardhi, Anabaena macrospora und einzelne Trichoma von Aphanizomenon flos aquae; von Protozoen einzelne schwärmende Vorticellen und Lionotus lamella, sowie große Arcellen, einzeln Tintinnidium fluviatile und Codonella lacustris; von Rotatorien: Asplanchna priodonta, Notholca longispina, Triarthra longiseta, Anuraea cochlearis mit tecta, Polyarthra platyptera, Brachionus amphiceros, Synchaeta tremula und grandis, aber alle nur einzeln; von Krustazeen: Nauplienformen nicht selten, seltener Cyclops, Bosmina cornuta-longirostris und Diaphanosoma brachyurum; ferner kommen noch Larven von Dreissensien, von Perliden und von Chironomiden vor.

B. Rheinarm zwischen der Bleiaue und dem Leitwerk, welches noch nicht ganz vom Strome überflutet ist; ein Zufluß von oben her findet dagegen nicht statt. Sichttiefe 78. Das Plankton ist hier ebenso reich wie im Hafen, in wenigen Zügen mit dem kleinen Netze ungefähr 20 ccm mit wenig mineralischem Detritus:

Dieselben Organismen wie im Hafen, jedoch keine Uroglena volvox, dagegen viel mehr Synura uvella und Larven von Dreissensia polymorpha, sowie Ceratium hirundinella und auch cornutum; ferner kommen hier noch vor Bündel von Aphanizomenon flos aquae, Cladophora-, Spirogyra- und Sphaerozosmafäden sowie Chantransiafragmente, von Diatomaceen neben den oben erwähnten Arten noch Cyclotella comta, Stephanodiscus hantzschi und astraea und Melosira varians; Nauplienformen sind noch häufiger als im Hafen und besetzt mit Colacium vesiculosum, ferner neben Bosminen und Diaphanosoma noch Hyolodaphnia cucullata.

3. Casteler Lache. Sichttiefe 52.

Plankton: Hier dominiert das Rädertier Triarthra longiseta mit Eudorina und Pandorina; von anderen Rotatorien sind häufig: Polyarthra platyptera, Asplanchna priodonta, Brachionus amphiceros und angularis, Anuraea cochlearis mit tecta, Synchaeta pectinata und tremula sowie deren behaarte freischwimmende Eier, ebenso

weisen auch die anderen Arten eine reiche Eierproduktion auf, namentlich Triarthra. Von Algen sind neben der überwiegenden Eudorina und Pandorina noch häufig Scenedesmus quadricauda und obliquus sowie Selenastrum acuminutum und Gonium angulatum; Synura uvella und Uroglena volvox nur einzeln, ebenso Pediastrum duplex uud boryanum, Rhaphidium, Sphaerocystis, Dictyosphaerium und die anderen oben aufgeführten Pleurococcaceen; von Schizophyceen: Oscillatoria agardhi. Lyngbia limnetica und auch Oscillatoria tenuis, von Euglenen finden sich Euglena viridis und besonders Euglena acus, einzeln Euglena oxyuris, ferner noch Cryptomonas erosa, Phacotus lenticularis; von Diatomaceen überwiegt Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus, nicht selten sind Nitzschia acicularis, Synedra actinastroides und Melosira varians, einzeln die schlanken Synedren und die dünnfädigen Melosiren; Tabellarien, Fragilarien und Asterionellen fehlen fast ganz. Von Protozoen: Acella vulgaris, einzelne Vorticellen und Acineta grandis; von Krustazeen wenig Nauplien und einzeln Cyclops, ferner kommen noch Flimmerlarven von Spongillen vor.

Auch in den an der rechten Rheinseite belegenen stillen Buchten sind die freischwebenden Organismen zu einer starken Entfaltung gekommen; im Gebiete des Gustavsburger Hafens dominieren noch mehr wie im Winterhafen die Diatomaceen, während in beiden Buchten die Rotatorien zurücktreten. Die Krustazeen kommen dagegen im Gustavsburger Gebiet mehr zur Entwickelung, besonders nach der Bleiaue zu.

Ganz anders verhält sich auf derselben Rheinseite gelegen aber durch Mainwasser beeinflußt die Casteler Lache. In dieser überwiegen neben gewissen Volvocaceen die Rotatorien und unter diesen wieder solche Arten, welchen eine Verunreinigung mit organischer Substanz mehr willkommen ist, als den anderen planktonischen Arten. Es sind dies besonders die Art Triarthra longiseta und die Brachionen. Die erstere macht einen Hauptbestandteil des Planktons in der Casteler Lache aus, ähnlich wie sie Berichterstatter neben zahlreichen Euglenen in verkoteten Dorfteichen gefunden hatte; auch die Brachionen vermehren sich nach ähnlichen häufig gemachten Erfahrungen dort stark, wo Zuflüsse von städtischen Abwässern statthaben[1]). In die Casteler Lache fließen nach Angabe schlechte Abwässer aus dem Orte Kostheim; diese Angabe wird umso wahrscheinlicher, als auch drei saprobe Euglena-Arten nicht selten sind, ferner Oscillatoria tenuis, die Scenedesmen in ihrer Vielzahl, gewisse Diatomaceenarten, die in ihrer Menge für bereits mineralisierte organische stickstoffhaltige Substanz typisch sind (Melosira varians, Nitzschia acicularis und Stephanodiscus hantzschi) und von Vertretern der Fauna: Vorticellen und Acineta grandis sowie vielleicht noch Flimmerlarven von Spongillen, da gewisse Arten der Süßwasserschwämme im Sielwassergebiet unserer Flüsse zur starken Vermehrung gelangen, wie vom Berichterstatter besonders in der Spree festgestellt ist.

Die abweichende Beschaffenheit der Casteler Lache im Vergleich zum Winterhafen und zum Gustavsburger Hafengebiet in der Menge der einzelnen Organismen-

[1]) Vergl. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung pp. Heft 4, Berlin 1904. Marsson: Die Abwasserflora- und Fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. S. 158.

gruppen zur gleichen Jahreszeit muß wohl in den Verunreinigungen der Casteler Lache (sowohl durch aus Kostheim zufließende Abwässer als auch durch bei Hochwasser zugetretenes schlechtes Mainwasser) ihre Erklärung finden, also in anderen und besseren Ernährungsbedingungen für die Fauna.

Was die Verunreinigung selbst anbetrifft, so ist dieselbe zur Zeit, nach dem Vorkommen gewisser Organismen sowie ihrer Menge nach, als eine nur geringe zu bezeichnen.

IV. Main.

11½ Uhr bei Regen 21,3° Wassertemperatur und 18° Lufttemperatur.

Sichttiefe bei Kostheim 47, Farbe des Mainwassers rötlichbraun, Geruch schwach benzolähnlich, gleichfalls schwach nach Schwefelwasserstoff; bei der Eimerprobe kommen diese Gerüche noch deutlicher zur Wahrnehmung, es tritt beim Bewegen des Wassers auch noch ein eigentümlicher kresseartiger Geruch auf. Auch das gleich nach dem Fange im Plankton sich schnell bildende Sediment weist im frischen Zustande einen eigentümlichen scharfen Geruch auf und ergibt mit Salzsäure übergossen eine sofortige Schwärzung des Bleipapiers.

Von Kostheim aus zum Rhein gesehen ist der Unterschied in der Farbe der Flüsse ein krasser; während der Main auf der ganzen Strecke eine bräunliche Färbung besitzt, tritt beim Rhein an den nicht bespiegelten Stellen die blaugrünliche Farbe deutlich in die Erscheinung. Der Unterschied bleibt auch bei der späteren Rheinbefahrung noch ein prägnanter, zumal beim herrschenden Westwind das Mainwasser sich auf der rechten Flußseite länger hält.

1. Main unterhalb der Schleuse, oberhalb des Kostheimer Hafens.

Plankton: Sehr viel Detritus verschiedenster Art, auch viel rote und blaue Farbschollen, um 12 Uhr vorwiegend die letzteren; Sphaerotilus natans mehr einzeln in kleineren Flocken, auch im Detritus ist Sphaerotilus nicht selten. Von lebenden Organismen überwiegt Brachionus amphiceros und Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus, ferner ist Pandorina morum reichlich vertreten, seltener Eudorina. Junge Scenedesmen sind sehr häufig, von älteren Individuen die Arten obliquus, quadricauda und opoliensis, einzeln Selenastrum acuminatum, Pediastrum boryanum und duplex var. clathratum, Pediastrum constrictum, Richteriella botryoides, Dictyosphaerium pulchellum, Rhaphidium polymorphum, Actinastrum hantzschi var. fluviatile, Gonium pectorale, Chlamydomonas monadina und pertyi, Euglena oxyuris und acus, Cryptomonas erosa, Closterium acerosum, Synura uvella und Dactylococcopsis rhaphidioides. Von Kieselalgen tritt neben der oben erwähnten Art auch Stephanodiscus astraea auf, sowie Synedra actinastroides mit var. opoliensis, letztere recht häufig, mehr einzeln Melosira varians und granulata forma procera, Nitzschia acicularis, sigmoidea und linearis, Cymbella lanceolotum, Fragilaria crotonensis u. a. Bemerkenswert ist das häufige Vorkommen von Monaden (Monas- und Bodoarten), von den Arcellen sind viele schwarz durch Schwefeleisen gefärbt. Von Rotatorien finden sich Anuraea cochlearis mit tecta, Triarthra longiseta, Brachionus amphiceros, urceolaris, angularis und militaris, Asplanchna priodonta und Rotifer vulgaris, von Krustazeen Nauplien

nicht selten, Cyclops lebend und abgestorben. Im Mainwasser treiben ferner Nematoden (darunter Dorylaimus stagnalis), Eier von Chironomiden und Nadeln von Süßwasserschwämmen.

2. Kostheimer Schleuse.

A. Schleusenkammer, Plankton: Organismen wie aufgeführt, doch mehr Melosiren sowie Brachionen und deren Eier, besonders die Art amphiceros, häufig sind gleichfalls Pandorina, Stephanodiscus hantzschi und Synedra actinastroides, ferner sind bemerkenswert Euglena viridis und oxyuris, gleichfalls acus, Stentor coeruleus, Anthophysastiele, Actinurus neptunius, Rotifer vulgaris und tardus. Die Melosieren sind häufig mit Bikosoeca besetzt; schließlich finden sich noch Synedra delicatissima und Cyclotella melosiroides, wohl durch Schiffe aus dem Rheine eingeschleppt.

B. Gezogene Nadeln der Schleuse.

a) Vorderseite: Sehr viele junge Chironomidenlarven in Hüllen, auch ältere Individuen, junge Larven von Hydropsyche nicht selten, hängende teils zersetzte Flocken von Sphaerotilus natans. Im Detritus: Nematoden, Aelosoma quaternarium, junge Tubificiden und Chironomidenlarven zwischen Sphaerotilus.

b) Nebenseiten: Massenhaft junge Egel (Nephelis vulgaris), welche junge Chironomidenlarven fressen. Asellus aquaticus, junge Gulnaria auricularia nicht selten, Flocken von Sphaerotilus und Cladophora.

c) Rückseite hinter der Zuströmung: Nur wenig Larvenhüllen von Chironomiden und Hydropsyche, hier und da schwarzer Besatz von Schwefeleisen.

3. Main unterhalb der Kostheimer Zellulosefabrik.

a) Plankton: Dieselben Organismen wie oben aufgeführt, jedoch sehr viel Zellulosefasern, ferner ist Rotifer hier häufig sowie einzeln Didinium nasutum.

b) Flußboden: Schwach stinkender Schlamm mit Geruch nach schwefliger Säure; im gesiebten Schlamm finden sich trotzdem noch einige lebende Muscheln (Sphaerium).

Der Main zeigt dieselbe Verschmutzung, wie sie bei den früheren Untersuchungen festgestellt wurde: Effluvien aus den am Main gelegenen Farbwerken, in Lösung sowohl auch als auch in Substanz treibend (Farbschollen), ferner Schwefelverbindungen, hervorgegangen durch Lösung von elementarem Schwefel (aus Zellulosefabriken) im kalkalkalischen Schlamm sowie durch Umsetzung von viel Gips (aus Farbwerken und chemischen Fabriken) im Faulschlamm und durch andere Reduktionsprozesse. Pilzbildungen (Sphaerotilus natans) im Plankton sowie in größeren Flocken an den Nadeln des Wehrs deuten noch an der Mainmündung auf das Vorhandensein von fäulnisfähiger und faulender in Lösung befindlicher organischer Substanz hin; saprobe Algen und Protozoen (Euglenen, Monaden, Stentor coeruleus u. a.) sowie Würmer (Nematoden und Aelosoma), Rädertiere (Rotifer, Actinurus, Brachionen in größeren Mengen), gewisse Diatomaceen, und sehr viele junge Scenedesmen liefern dafür weitere Beweise. Die aus dem Main in den Rhein gelangenden Zellulosefasern stammen zur Zeit ausschließlich aus der Kostheimer Zellulosefabrik.

V. Abflüsse der Stadt Mainz.

Den 16. August 8 Uhr morgens 20,4° Wassertemperatur bei 18,3° Lufttemperatur; bewölkt; Mainzer Pegel 1,32.

1. Siel unterhalb der Straßenbrücke und oberhalb des Zollhafens.

a) Flußboden: Küchen- u. a. Abfälle, einige Fontinalisbüschel, dazwischen Gammarus pulex nicht selten. Eiserne Reifenteile besetzt mit Chironomidenlarven in Schlammhüllen, jungen Egeln (Nephelis) und deren Kokons, Gulnaria und deren Laichklumpen, jungen und älteren Larven von Hydropsyche, auch einer jungen Larve von Calopteryx. Mikroskopischer Befund: viel Papier- und Textilfasern und einige Kolonien von Carchesium lachmanni.

b) Äußerer Sielbesatz: Abfälle verschiedener Art, dazwischen Cladophora mit Diatoma vulgare, Synedra ulna u. a. Diatomeen, ferner Limnodrilus udekemianus.

2. Größeres Siel, 30 m vom Ufer entfernt in den Main mündend, 250 m oberhalb der Kaiserbrücke.

a) Plankton: gefischt unterhalb der Mündung des Siels in den Rhein: Typisches Rheinplankton und noch Stentor roeseli, Aspidisca lynceus, Cryptomonas erosa, schwärmende Vorticellen sowie einzelne Stärkekörner; viel Synura uvella, auch Brachionen sind nicht selten, besonders Brachionus angularis, ferner Diptereneier und ganz junge Larven von Chironomiden; sonst noch viel organischer Detritus.

b) Flußboden: Sand und Steine, dazwischen Textilfaserbüschel (faulende Lumpen) mit roten Tubificiden und einzelnen Sphaerotilus-Flöckchen, Gammarus pulex; auch Steine mit Neritina-Eiern, Röhren mit Chironomidenlarven, Nephelis und Kokons, Stöcke von Plumatella, Gulnaria auricularia und deren Laich, junge Clepsinen usw. Auch Cladophora-Büschel werden gehoben mit vielen Egeln (Nephelis) besonders in jungen Exemplaren, auch mit einer jungen Wasserwanze (Aphelocheirus aestivalis).

c) Flußboden noch weiter unterhalb des Siels: Ein ähnlicher Befund, jedoch mit noch mehr Insektenlarven, namentlich von Chironomiden und Perliden, auch Gammarus pulex in jungen Individuen ist reichlich vertreten, gleichfalls Gammarus fluviatilis. Mikroskopischer Befund: Zwischen den Cladophora-Büscheln finden sich Vorticellen, auch sind Fetttröpfchen nicht selten; von Diatomaceen besonders Gomphonema-Arten, Cocconeis, Nitzschia linearis u. a., ferner Closterium acerosum und moniliferum, ganz junge Chironomidenlarven usw.

3. Am Ufer bei der Mainzer Gasanstalt wurden nach Angabe bisher auf Kähnen die Abfälle des in der Nähe liegenden städtischen Schlachthofes ausgeladen und nach Biebrich geschafft, wo sie als Dünger in den benachbarten Weinbergen Verwendung fanden; die bei dem nach Angabe vielleicht oft etwas sorglosen Verladen auf die Schiffe in den Rhein fallenden Abfälle (Mist, Därme usw.) verursachten eine Verunreinigung des Rheingrundes und des Rheinwassers auf der linken Seite, welche sich bei den beiden früheren Untersuchungen noch bei Budenheim bemerkbar machte und nicht allein auf die Mainzer Stadtabwässer zurückgeführt werden konnte. Seit $^1/_4$ Jahr sollen diese Abfälle jedoch nicht mehr auf Schiffe verladen werden, sondern mit der Bahn nach Oppenheim geschafft werden, dort auch wohl als Dünger für die Weinberge, sodaß an dieser Stelle eine Verschmutzung des Rheins in Fortfall kommt.

Bei mehreren Dretschezügen wurde nur Sand gehoben, welcher auf der Wasseroberfläche abgesiebt, Kies und Schlacken hinterließ, sowie Muschelschalen und Schlammröhren von Chironomiden.

Wie auch bei den beiden früheren Untersuchungen der Mainzer Sielausflüsse konstatiert wurde, kann auch diesmal — die Kanalisation ist noch nicht vollendet — eine Schädigung des Flusses durch die gegenwärtig bestehenden Ausflüsse nicht festgestellt werden. Verunreinigungen werden nur in unmittelbarer Nähe der Siele sowohl durch Abfälle selbst als auch durch nur verhältnismäßig wenige Arten und Individuen der saproben Mikrofauna und -flora festgestellt. Wie im Oktober und im Mai werden unterhalb der Mainzer Abflüsse vom Grunde zahlreiche Vertreter der gröberen Fauna gehoben, wie Schnecken, verschiedene Würmerarten, Flohkrebse und viele Insektenlarven, welche von den, wenn auch nur geringen, häuslichen Abfällen herbeigelockt werden, sich von denselben nähren und deren dauernden fauligen Zersetzung ein Ziel setzen.

VI. Salzbach und Umgebung.

Oberhalb der Salzbachmündung ist das Rheinwasser bräunlichrot gefärbt durch sich auf der rechten Seite stark geltend machendes Mainwasser.

1. Salzbach selbst.

Der Salzbach führt stark trübes und stinkendes Wasser mit sich, die Sichttiefe vor seiner Mündung in den Rhein beträgt nur 10 cm; fast alle vom Salzbachwasser bespülten Steine des befestigten Ufers haben einen schwarzen Belag von Schwefeleisen.

a) Der gehobene Sand ist gleichfalls schwarz gefärbt und gibt ebenso wie die Steine mit verdünnter Schwefelsäure übergossen eine sehr starke Reaktion auf Schwefelwasserstoff; nach dem Absieben des Sandes bleibt etwas gröberer Kies zurück mit stark fäkalartig stinkenden Abfällen. Weiter oberhalb im Bache beträgt die Sichttiefe nur 8 cm, das geschöpfte Wasser besitzt einen faulharnähnlichen Geruch.

b) Mit dem ziemlich schnell strömenden Wasser — es sollen auch die abfallenden Thermal- und Badewässer von Wiesbaden in den Salzbach gelassen werden — treiben viele schmutzig graue stinkende Flocken, in welchen, mit dem Netze aufgefangen, zahlreiche rote Chironomus-Larven zum Vorschein kommen. Bei der mikroskopischen Untersuchung erweisen sich diese Flocken zumeist aus Wasserformen von Schimmelpilzen (Mucor) bestehend, doch finden sich auch häufig dicke Zoogloeen mit zahllosen Monaden und vielen Nematoden; daneben kommt auch Zoogloea ramigera vor.

c) Plankton: Dasselbe besteht zum größten Teile aus Pilzen; hauptsächlich sind Zoogloeen vertreten, sehr viel typische ramigera, ferner Flocken von Sphaerotilus natans, Hyphen von Mucor und viele Beggiatoen. Zwischen diesen Pilzmassen finden sich überall gelblichbraun tingierte Muskelfasern (Leitfragmente für Fäkalien), auch häufig vegetabilischer Detritus mit Spiralgefäßen usw. (Gemüseabfall), Stärke, Textilfasern, Fett usw. Monaden sind zahlreich, gleichfalls lebende Nematoden.

2. Rhein unterhalb des Salzbachausflusses, wo alsbald die Abwässer der chemischen Fabrik von Kalle & Co. zufließen.

Sichttiefe	15 m unterhalb	18 cm
„	ebenda 10 m vom Ufer entfernt	26 „
„	200 m unterhalb und 1 m vom Ufer	26 „
„	200 „ „ „ 20 „ „ „	47 „
„	250 „ „ „ 5 „ „ „	27 „
„	300 „ „ „ 5 „ „ „	30 „

stets im Durchschnitt von 3 Bestimmungen.

a) Schleimiger Besatz an der Kalleschen Ladebrücke 1/4 Jahr in Betrieb befindlich: Sphaerotilus natans in größeren weißen frisch gebildeten sowie in grauen älteren Flocken, die letzteren enthalten viele Kolonien von Carchesium lachmanni, auch Mucor-Flocken finden sich hier, zwischen allen Pilzflocken aber viele Chironomidenlarven meist noch im Jugendstadium. In den älteren Flocken besonders kommen neben Carchesium auch viele andere saprobe Protozoen vor, namentlich Colpidium colpoda und Paramaecien.

b) Ufersteine, die von der Ladebrücke an nun, soweit sie unter Wasser liegen, mit dicken schleimigen Flocken bedeckt sind: Sphaerotilus natans mit gleichen Mengen Kolonien von Carchesium lachmanni, dazwischen viel Paramaecium aurelia, Colpidium u. a. saproben Protozoen.

c) Steine 200 m unterhalb des Salzbachausflusses mit grauem Besatz, ebenso grünlicher und schwarzer Besatz an einem seit 1/2 Jahre hier liegenden Bagger: Sphaerotilus natans, Phormidium uncinatum und mehr einzeln Phormidium ambiguum, Oscillatoria tenuis, viele Nematoden, Colpidium colpoda, Colpoda cucullus, Paramacium aurelia usw. Monaden, Scenedesmus obliquus, Ulothrix tenerrima, viel Nitzschia palea, auch Stephanodiscus hantzschi u. a. Diatomaceen, dazwischen überall viele große rote Chironomus-Larven, sowie auch zahlreiche junge. Der schwarze Besatz besteht aus Schwefeleisen.

An den Ufersteinen tritt jetzt Stigeoclonium tenue auf, reich verzweigt und mit Diatomaceen besetzt, namentlich mit Nitzschia palea und fonticola, Navicula cryptocephala u. a.

d) Floß, etwas weiter unterhalb, mit grünlichem und auch schwärzlichem Besatz: Derselbe Befund; Sphaerotilus, Phormidium, Stigeoclonium usw.

e) Plankton 200 m unterhalb und 5 m vom Ufer entfernt: Es überwiegen noch die Organismen des Main gegenüber denen des Rhein, namentlich sind die Brachionen sehr zahlreich vertreten, auch Pandorina ist nicht selten, ebenso Stephanodiscus, Synedra actinastroides, dünnfädige Melosiren besetzt mit viel Bicosoeca usw. sowie Zellulosefasern; den Hauptbestandteil des Planktons machen aber die Verunreinigungen des Salzbaches aus sowie deren Umsetzungsprodukte wie Sphaerotilus natans, Zoogloea ramigera, viel schwärmende Vorticellen und Carchesium lachmanni, ferner Stentor coeruleus, Anthophysa vegetans und deren Gerüststiele, Aelosoma quaternarium, sowie auch noch viele gelbe Muskelfasern, Textilfasern und Schwefeleisen enthaltender schwarzer Detritus. Das Rheinplankton weist hier gleichfalls noch den faulharnähnlichen Geruch auf wie das im Salzbach gefischte Plankton.

3. Rheinufer an der Brücke der Ezeliusschen Badeanstalt.

Sichttiefe	400 m	unterhalb Salzbach	und	5 m	vom Ufer entfernt	35 cm
„	400 „	„	„	50 „	„ „	53 „
„	500 „	„	„	5 „	„ „	39 „
„	500 „	„	„	50 „	„ „	49 „

a) Besatz an der Brücke in der Spritzzone: Viel Fontinalis mit Cladophora, dazwischen viele Chironomus-Larven, Asseln und Tubificiden. Mikroskopischer Befund: Zwischen den Cladophora-Fäden viel Sphaerotilus sowie Kolonien von Carchesium

lachmanni, auch Aelosoma quaternarium sowie die oben aufgeführten saproben Protozoen, doch mehr einzeln, auch noch Muskelfaserreste.

Besatz in $^1/_3$ m Tiefe: Große Stöcke von Plumatella und viele schleimige Flocken: Sphaerotilus natans mit jungen Chironomuslarven und Tubificiden, Aelosoma ist häufig, Rotifer vulgaris nicht selten, einzeln Colurus bicuspidatus, überall noch Carchesium und Vorticellen.

b) Flußboden etwas unterhalb der Badeanstalt: Kies mit massenhaft schleimigen Flocken: Sphaerotilus natans meist in Zersetzung mit vielen saproben Ciliaten, wie oben genannt, auch Rotifer vulgaris; dazwischen finden sich viele meist in Zersetzung begriffene Zellulosefasern.

Der Salzbach zeigt auch bei dieser dritten Untersuchung sich als äußerst stark verunreinigt. Am meisten Schuld daran scheinen nach Lage der örtlichen Verhältnisse die Abwässer der Stadt Wiesbaden zu tragen. Daß große Mengen von Fäkalstoffen mit in den sehr stark trübes Wasser führenden Bach gelangen, beweisen die vielen bei der mikroskopischen Untersuchung im Salzbachwasser aufgefundenen sowie auch noch im Rheinwasser unterhalb des Salzbaches vorkommenden verdauten (durch Gallenfarbstoffe gelb gefärbten) Fleischreste sowie auch der Fäkalgestank, ferner Küchenabfälle, Gemüsereste, Stärke, Fett und dergl. Ein großer Teil der Auswurfstoffe ist schon in Fäulnis übergegangen, eine im Rhein 200 m unterhalb des Salzbachflusses gefischte Planktonprobe weist noch einen widerwärtigen Geruch auf; die Faulstoffe machen weiter sich im Rhein durch ihre Umbildung bemerkbar, durch Bakterienzoogloeen und Massen von Wasserpilzen. Schwefelpilze zeigen im Salzbach die Anwesenheit von freiem Schwefelwasserstoff an, Umsetzungen desselben mit Eisen als Schwefeleisen machen sich im Salzbach am Grunde und am Ufer geltend sowie noch weiter unterhalb im Rheine an Brückenpfeilern, Flößen usw. 300 m unterhalb zeigt das Rheinwasser noch deutlich die durch den Salzbach bewirkte trübe Beschaffenheit (Sichttiefe 30 cm, bei 500 m 39 cm). Erst in dieser Entfernung macht sich die zweite Verschmutzungszone durch Auftreten gewisser grüner Algen (Stigeoclonium) kenntlich, welche an die Stelle der Pilze treten und bei dem verhältnismäßig niedrigen Wasserstande am Ufer noch bis Aßmannshausen verfolgt werden können. Auf eine weitere Entfernung als $^1/_2$ km unterhalb des Salzbachzuflusses ist auch der Flußgrund durch faulende Pilze verschmutzt, welche zwischen dem Kies haften bleiben; in geringerem Grade beteiligen sich hierbei die von oberhalb, auch aus dem Main kommenden Zellulosefasern. Zur Zeit des bei den früheren Untersuchungen statthabenden Hochwassers waren solche feineren biologischen Differenzierungen nicht möglich, da die unteren Ufersteine überflutet waren und der Flußgrund durch die stärkere Strömung schneller gesäubert wurde.

VII. Chemische Fabrik von Kalle & Co.

Erster Auslauf am Ufer: Es fließt nur wenig schwach rötlich braun gefärbtes Wasser aus. Reaktion zunächst neutral, nach 5 Minuten schwach alkalisch.

Zweiter Auslauf, Rohr in die Flutrinne mündend: Es ist keine Färbung des Rheinwassers wahrzunehmen, auch keine Veränderung der Reaktion des Rheinwassers.

Dritter Auslauf gleichfalls in die Flutrinne mündend: Auch hier und weiter unterhalb ist keine Veränderung des Rheinwassers festzustellen.

VIII. Ochsenbach.

Dieser sowohl die Biebricher als auch einen kleinen Teil der Wiesbadener Abwässer aufnehmende Bach führt zurzeit nur wenig schwach trübes Wasser dem Rheine zu; die Reaktion desselben ist schwach alkalisch.

Sichttiefe des Rheins oberhalb des Ochsenbachs 45
„ des Ochsenbachwassers mit etwas zugespültem Rheinwasser 39
„ des Rheins 10 m unterhalb . . . . 44.

a) Plankton aus dem Ochsenbach, modrig riechend, nicht gerade stinkend: Sphaerotilus natans in kleinen Flöckchen, auch Schwefelpilze (Beggiatoa) sowie gelbe Muskelfasern, Fettröpfchen und Abfall; von saproben Organismen Euplotes charon, Vorticellen, weniger Bodo- und Monas-Arten, auch Melosira varians; ferner wohl durch Rückstau von Rheinwasser typische Organismen desselben sowie auch vom Main mit Zellulosefasern.

b) Besatz auf dem Zementgrunde des Auslaufes sowie auf den Seitenmauern: Sphaerotilus in dickeren Flocken und Zoogloeen, dazwischen häufig Nematoden, auch Zellulosefasern.

c) Bachgrund: Feiner Kies mit viel Kohleabfall; Zusatz von Säure gibt deutliche Reaktion auf Schwefelwasserstoff.

d) Flußgrund unterhalb Ochsenbach: nichts, weil hier wohl nackter Fels.

e) Ufersteine 10—20 m unterhalb: Viel Chironomiden-Larven in Hüllen und grüner Algenbelag: Stigeoclonium tenue und Sphaerotilus natans in größeren Flocken, dazwischen viele junge Larven von Chironomiden, Nematoden, Vorticellen, Colurus, Navicula cryptocephala, Nitzschia palea u. a.

Die Verunreinigung des Rheins durch den Ochsenbach ist diesmal stärker als während der Mai-Untersuchung; neben viel mehr Sphaerotilus finden sich noch Bakterien-Zoogloeen. Die Verunreinigung erstreckt sich weiter auf das Ufer unterhalb des Ochsenbachzulaufes.

IX. Schiersteiner Fabriken.

1. Eisengießerei,
2. Seifenfabrik,
3. Holzschneiderei,
4. Chemische Fabrik von Lehmbach & Schleicher,
5. Vaselinefabrik,
6. Dachpappen- und Holzzementfabrik,
7. Kunstdünger- und Leimfabrik von Otto & Co.

In der Nähe dieser sieben nahe am Rhein in obiger Folge nebeneinander belegenen Fabriken ist deutlich ein Geruch nach schwefliger Säure wahrzunehmen. Das Ufer der Fabriken liegt meist im Kribbenfelde.

1. Obere Kribbe, auf der Oberfläche und an den Seiten der Steine findet sich schleimiger grauer und grünlicher Besatz: Größere Sphaerotilus-Flocken mit Stigeoclonium

tenue, Larven von Chironomiden, zwischen den Flocken noch immer Fettropfen (wie im Salzbach), auch noch saprobe Protozoen wie Euplotes, Chilodon, Monaden usw., ferner gelb tingierte Muskelfasern. Die Unterseite der gehobenen Kribbensteine ist oft dicht besetzt mit Gehäusen, die junge Chronomiden-Larven enthalten, auch größere Larven von Hydropsyche kommen dazwischen vor, ferner große rote Chironomus-Larven, auch Nephelis vulgaris mit Kokons auf den Steinen und kleine Gulnaria auricularia.

2. Schlammanhäufung oberhalb der zweiten Kribbe: Schwach stinkend mit Nephelis und Gulnaria.

3. Dritte Kribbe: Alle untersuchten Steine weisen einen ähnlichen Besatz auf wie die Steine der oberen Kribbe; besonders üppig wuchert hier wieder Stigeoclonium, dazwischen ist Stentor roeseli häufig; auf den unteren Flächen der Steine wieder viele Chironomiden-Larven, auch solche von Hydropsyche, limicole Oligochaeten, junge Gulnarien, auch braune Bryozoenkrusten (Plumatella); auf einigen Steinen befindet sich auch schwarzer Belag, der mit Säure Schwefelwasserstoff entwickelt; wieder andere Steine zeigen Büschel von Cladophora (Zellen dünn- und dickwandig, ohne Sphaerotilus- und Diatomeenbesatz, also frisch gewachsen), dazwischen viele meist 2 cm lange Egel (Nephelis), auch junge Individuen von Asellus aquaticus, Larven von Hydropsyche, alle Steine sind aber auf der unteren Seite dicht besetzt mit Larvengehäusen von Chironomiden, jungen und älteren, ferner noch von Baetis.

4. Unterhalb der Dachpappenfabrik wird viel teerartiger Schlamm gehoben, der gänzlich azoisch ist.

5. Bucht hinter der letzten Kribbe vor der Ottoschen Kunstdüngerfabrik: In dieser stillen, vom Rheinwasser nicht durchströmten Bucht hat sich sehr viel Schlamm abgelagert, welcher jedoch zum größten Teile aus hier abgesetztem mineralischem Detritus besteht und mit Säure übergossen sehr stark aufbraust (Calciumkarbonat). Die Schlammablagerung ist so bedeutend, daß die Bucht nur teilweise mit dem Boote zu befahren ist und mit jedem Ruderschlag schwarzer Schlamm aufgerührt wird. Das ablaufende Wasser ist stark trübe und von schwach fauligem Geruch, die anfangs neutrale Reaktion geht schnell in eine deutlich alkalische über.

Der vor dem Abfluß gelagerte Schlamm ist stark stinkend, weniger der am Ende der Bucht abgelagerte. Nach dem Absieben — bei der schleimigen Beschaffenheit des Schlammes eine sehr langwierige Manipulation — bleibt außer einigen Schneckenschalen nur pflanzlicher Abfall (braune Blätter) zurück, er ist gänzlich azoisch.

Von den sieben Fabriken kommen für eine schädliche Beeinflussung des Rheinufers — das diesmal wegen des niedrigeren Wasserstandes eingehender untersucht werden kann — anscheinend nur zwei in Betracht und zwar die beiden unteren: Die Dachpappenfabrik, welche teerartige Abfälle entläßt, und die Ottosche Kunstdünger- und Leimfabrik, aus welcher Abwässer mit faulenden oder fäulnisfähigen Substanzen fließen. Die an den Kribbensteinen aufgefundenen Organismen sind zum großen Teile dieselben, wie sie sich unterhalb des so stark verunreinigten Salzbaches gebildet hatten (vorzugsweise Sphaerotilus und Stigeoclonium). Eine reiche gröbere Fauna hat sich zwischen den Kribbensteinen angesiedelt, welche in den aus dem Salzbach in den Rhein gelangenden Abfällen sowie in den aus der gelösten Faulsubstanz

hervorgegangenen Produkten (Pilze und Algen) gute und reichliche Nahrung findet. Die grüne Fadenalge Stigeoclonium, welche bei den beiden früheren Untersuchungen nicht zur Beobachtung kam oder kommen konnte, ist besonders charakteristisch für die Wirkung des Salzbachausflusses auf das rechte Ufer des Rheins und zwar auf eine lange Strecke hin. Gleich unterhalb des Salzbaches in der ersten Verschmutzungszone kann diese Alge noch nicht vegetieren, hier dominieren bei der überreichen organischen stickstoffhaltigen Substanz die Zoogloeen und Fadenpilze, aber nach 300 m tritt Stigeoclonium auf, um nun vorläufig vom rechten Ufer nicht zu verschwinden und die Wirkung der Salzbachabwässer bei dem zeitweilig für die Bildung günstigen Wasserstande deutlich vor Augen zu führen. Berichterstatter hat diese Alge häufig auf den verschiedenen Rieselfeldern von Berlin und Vororten, sowie in den Abflußgräben derselben und denen von kleineren Kläranlagen, wenn sie noch Faulwasser enthielten, aufgefunden und muß sie in derartigen Wucherungen als mesosaprob ansprechen.

X. Schiersteiner (Niederwalluf-Budenheimer) Profil.

Freitag, den 17. August, morgens 8 Uhr 20,1° Wassertemperatur bei 15,3° Lufttemperatur. Bewölkt, später Regen und 10° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite, Sichttiefe 60 am Ufer, wo Regenabläufe aus Budenheim, Sichttiefe 20 m vom Ufer entfernt 73.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit viel mineralischem Detritus, auch organischem, ferner noch Synura uvella, Gomphosphaeria lacustris nicht selten, Botryococcus und Staurastren gleichfalls, einzeln Closterium rostratum, Coelastrum microporum, weniger Rotatorien, vorwiegend Anuraeen, Brachionen nur ganz vereinzelt; Larven von Dreissensia ziemlich häufig, junger Cyclops einzeln, auch Nauplien, kein Sphaerotilus.

b) Flußboden: Viel Sand, gesiebt gröberer Kies und Schlackenstücke, darin nur Larven von Hydropsyche, keine solche von Chironomiden wie auf der rechten verschmutzten Seite; an einzelnen größeren Steinen Hildenbrandia rivularis, auch einzelne größere Spongillenstöcke.

c) Besatz an der Badeanstalt, in der Spritzzone: 65—70 cm lange Cladophora-Strähnen mit viel Diatoma vulgare, Euchlanis, viel jungen Asseln und jungen Flohkrebsen (Gammarus pulex), junge Nephelis, junge Larven von Cloëon und Chironomiden.

In 1/3 m Tiefe: Derselbe Befund, auch noch Synedra ulna und einzelne Nematoden.

d) Besatz an Ufersteinen: Meist mineralischer Detritus mit vielen Kieselalgen, besonders Navicula cryptocephala und Encyonema prostratum in Röhren, ganz einzeln Vorticellen und Fäden von Oscillatoria tenuis, kein Sphaerotilus; einzelne Steine sind mit Fontinalis besetzt.

B. Strommitte, Sichttiefe 70.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit viel Tabellaria, auch nicht selten Fragilaria crotonensis, schlanke Synedren, einzeln Synedra capitata, Asterionella usw. Larven von Dreissensia, Synura uvella, Cryptomonas erosa, Tintinnidium fluviatile,

Difflugia hydrostatica; von Rotatorien vorwiegend Anuraeen, einzeln Synchaeta tremula und behaarte Synchaeteneier, Polyarthra, Triarthra, Notholca longispina, Brachionus amphiceros, Ploesoma truncatum, Conochilus sp., Rotifer fast leblos, Nauplien, Bosminen usw., einzeln Zellulosefasern, kein Sphaerotilus aufgefunden.

b) Flußboden: Viel Sand, gesiebt etwas gröberer Kies, azoisch, nur eine alte Schale von Dreissensia.

C. Rechte Stromseite. Sichttiefe 50. Das Mainwasser macht sich hier noch immer durch eine bräunlich-rote Farbe bemerkbar.

a) Plankton: Viel Mainplankton, weniger Rheinorganismen, auch weniger mineralischer Detritus als links und Mitte. Viele Rotatorien, besonders sehr viel Brachionus pala-amphiceros mit reichlich Eiern, auch Dauereiern; nicht selten ist auch Triarthra longiseta wie breviseta, Anuraea cochlearis und tecta, Asplanchna priodonta, einzeln Aspl. brightwelli, Mastigocerca capucina, Polyarthra platyptera, Synchaeta pectinata und tremula, Conochilus unicornis; von Algen Eudorina und besonders Pandorina in allen Entwickelungsstadien, Synura uvella häufig sowie Pediastrum boryanum und duplex mit Varietäten, ferner Pleurococcaceen wie Actinastrum hantzschi, Spaerocystis schroeteri, Scenedesmus quadricauda und obliquus, Selenastrum acuminatum u. a. sowie Gonium und Staurastren; von Diatomaceen vorwiegend Stephanodiscus hantzschi und Synedra actinastroides, auch Melosira varians sowie Melosira tenuis mit Bicosoeca (wie im Main), sonst noch Arcellen, Difflugien, Codonella lacustris, schwärmende Vorticellen, Nematoden, Cyclops, Nauplien, Chydorus, Daphnia longispina, Eier von Chironomiden und schließlich Sphaerotilus natans mit einzeln Zoogloea ramigera sowie vielen Zellulosefasern.

b) Flußboden: Steine fast alle mit schleimigem Besatz und Paludinen, die größeren Steine auf der Unterseite meist mit schwarzem Belag, der mit Säure starke Schwefelwasserstoffreaktion gibt, überall Chironomidenlarven meist in Röhren, auch von Hydropsyche, gleichfalls viel Nephelis und deren Kokons auf den Steinen, einzeln Dendrocoelum lacteum und Clepsinen, ferner Tubifex, kleine Asseln, Sphaerium, Gulnaria, Paludina und einzeln Lithoglyphus. Mikroskopischer Befund: Vorticella campanula und Stentor roeseli.

c) Pontonbesatz meist braune Polster von Plumatella, auch Cladophora glomerata mit jungen Chironomidenlarven.

d) Ufersteine: Wieder Stigeoclonium tenue, Cladophora, Ulothrix zonata, Sphaerotilus mit Colpidium colpoda, Melosira varians und Chironomidenlarven.

Am Grunde und am ganzen Ufer ist Sphaerotilus natans noch in mäßig großen Flocken aufzufinden, teilweise in Zersetzung.

Im Schiersteiner Profil treten die Unterschiede zwischen der rechten und linken Rheinseite bei dem niedrigeren Wasserstande sehr stark hervor, viel deutlicher als durch die früheren Untersuchungen bei Hochwasser.

Während auf der linken Flußseite typische Rheinplanktonten zu finden sind, und kein Sphaerotilus mehr, in der Strommitte ein ähnlicher Befund zu konstatieren ist, herrscht auf der rechten Seite ein ganz anderes Bild, die Rheinorganismen treten hier in den Hintergrund; einerseits sind hier die Planktonten des Main reichlich vor-

handen, andererseits saprobe Organismen, welche sich in der Mischung mit dem schlechten Salzbachwasser gebildet haben. Augenscheinlich stark vermehrt haben sich die auch im Main häufig vorhandenen Diatomaceen Synedra actinastroides und Stephanodiscus hantzschi; gleichfalls können die dicht mit Bicosoeca besetzten dünnfädigen Melosiren bisher noch nicht so reichlich im Rhein aufgefunden werden. Zur sehr starken Vermehrung ist auch Brachionus pala-amphiceros geschritten und zwar nur in dem mit Fäulnisstoffen beladenen Wasser der rechten Rheinseite. Sphaerotilus natans, Zoogloea ramigera, schwärmende Vorticellen, viele Nematoden usw. zeigen deutlich die Verunreinigung an.

Der gleiche Unterschied zwischen den beiden Flußseiten zeigt sich auch am Flußgrunde und am Ufer: links gar keine Fadenpilze, rechts Sphaerotilus in größeren Flocken überall am Grunde wie im Uferbesatz, hier wieder ausschließlich die den Salzbachwasserzufluß charakterisierende Alge Stigeoclonium, viele schmutzliebende Würmer verschiedener Arten usw.

Was die auf der rechten Seite häufig treibend gefundenen Zellulosefasern betrifft, so stammen dieselben mit großer Wahrscheinlichkeit aus den am Main gelegenen Zellulosefabriken, namentlich aus Kostheim, da sie in der Strommitte nur einzeln gefunden wurden; aus letzterem Grunde ist die Zuschwemmung aus der großen unweit Mannheim gelegenen Waldhofer Zellulosefabrik nicht wahrscheinlich, sonst wäre bereits eine größere Durchmischung im Rheinwasser erfolgt.

Jedenfalls zeigt die rechte Rheinseite im Gegensatz zur linken und zur Strommitte deutlich und ausschließlich die Verschmutzungen des Mains und namentlich des Salzbaches, welcher Unterschied außerdem noch durch die Bestimmungen der Sichttiefe zum Ausdruck kommt, (links 73, Mitte 70, rechts nur 50).

XI. Rhein bei Hattenheim-Selz-Oestrich-Winkel.

1. Hattenheim. Die überfluteten Steine des rechten Ufers weisen auch hier noch den schlüpfrigen grünen Belag von Stigeoclonium auf, jedoch nicht mehr in so dicken Rasen wie bei Biebrich. Stigeoclonium tritt hier schon etwas zurück gegen die Algen Cladophora und Ulothrix. Sphaerotilus ist aber überall noch aufzufinden, dazwischen Chilodon cucullulus, Nematoden, Melosira varians, Nitzschien usw.

2. Die Selz. Die Rheinbucht auf der linken Rheinseite unterhalb des Selzzuflusses mit hessischen Fabrikabwässern ist noch ebenso verschlammt und verschlickt wie im Mai. Der Schlamm ist stinkend, azoisch und enthält viel faulende Blätter.

Steine an der Uferstrecke dem Rheine zu: Cladophora-Besatz mit viel mineralischem Detritus und potamophilen Kieselalgen; kein Sphaerotilus und von Stigeoclonium nicht die geringsten Mengen aufzufinden.

Sichttiefe am linken Ufer 75.

3. Winkel. Die überfluteten Steine zeigen auch bei Winkel (rechte Flußseite) den ähnlichen sammetartigen sattgrünen Belag von Stigeoclonium wie bei Hattenheim und weiter oberhalb; einzeln tritt hier wieder Cladophora und Ulothrix auf.

Stigeoclonium vermehrt sich durch Schwärmsporen; mit der Strömung werden diese flußabwärts geführt, bleiben auf den unteren Uferstrecken an Steinen und der-

gleichen haften und treiben neue Fäden bezw. Rasen. Die Alge wuchert solange weiter, als sie noch in dem mit organischer stickstoffhaltiger Substanz angereicherten Wasser ihre Lebensbedingungen findet, welche auf der rechten Rheinseite durch das scheinbar ständig im schlechten Zustande einströmende Salzbachwasser gegeben sind. Zwischen den Stigeoclonium-Fäden finden sich noch immer auch bei Hattenheim-Oestrich saprobe Protozoen, welche gleichfalls Verschmutzung anzeigen. Es ist bemerkenswest, daß auf der gegenüberliegenden linken Rheinseite sich an Ufersteinen und dergleichen auch nicht der geringste Besatz von Stigeoclonium auffinden ließ; deshalb muß angenommen werden, daß die Bildung dieser mesosaproben Alge lediglich auf die Zone des Salzbbachabwassers beschränkt bleibt.

Es erscheint fraglich, ob Stigeoclonium auch zur kalten Jahreszeit in derselben Weise wuchert. Wahrscheinlich wird während des Winters die gelöste Faulsubstanz mehr in den Pilz Sphaerotilus umgesetzt oder bei Hochwasser mehr verdünnt und schneller stromabwärts geführt, sodaß die Bildung von längeren Pilzflocken nicht möglich wird. Diese Verhältnisse bleiben noch zu untersuchen.

4. Chemische Fabrik von Goldenberg, Geromont & Co. Aus derselben fließt, wie bei der Oktoberuntersuchung, das Abwasser rot gefärbt und stark trübe aus, in der geschöpften Probe schnell einen dicken Bodensatz bildend, welcher in der oberen Schicht weißlich rot und sehr fein, in der unteren dagegen gröber ist und dunkler rot gefärbt (Weinfarbstoff). Die chemische Analyse der Oktoberprobe ergab viel Gips und freie Schwefelsäure, welche auch jetzt wieder vorhanden zu sein scheint, da das Wasser eine saure Reaktion zeigt, jedoch in der Mischung mit Rheinwasser bald verschwindet.

Mit verschiedenen Dretschezügen unterhalb des Abwasserzuflusses werden ausschließlich Steine gehoben, welche auf allen Seiten mit pulverförmigen schwarzen Massen bedeckt sind; abgespült bleibt ein schwarzer Belag besonders auf der Unterseite, welcher wie auch die schwarzen Massen mit Säure starke Schwefelwasserstoffreaktion gibt.

Die Ufersteine weiter unterhalb zeigen teils denselben schwarzen Belag von Schwefeleisen, teils einen schleimigen, welcher, wie die mikroskopische Untersuchung ergibt, aus Sphaerotilus und Zoogloea ramigera besteht mit zahlreichen Kolonien von Carchesium lachmanni u. a. saproben Ciliaten wie Colpidium usw. Bei der Untersuchung während des Hochwassers waren diese Befunde nicht zu verzeichnen.

Bei der späteren chemischen Untersuchung wurde wieder viel Gips im Abwasser der genannten, Weinrückstände verarbeitenden Fabrik nachgewiesen. Demnach erklärt sich der Befund von viel Schwefeleisen durch Gipsreduktion. Diese ist wieder veranlaßt durch die zurzeit statthabende Anreicherung des Ufergrundes der rechten Rheinseite mit Faulsubstanzen, welche von Biebrich an bis hier — soweit untersucht — ununterbrochen konstatiert wurden.

Ein solcher Befund liefert wieder den Beweis, daß eine an und für sich für den großen Fluß chemisch nicht in Betracht kommende Verunreinigung doch zu lokalen Schädigungen Veranlassung geben kann durch das Hinzutreten einer anderen Verschmutzung besonders durch Fäulnisstoffe enthaltenden Schlamm.

XII. Rhein bei Rüdesheim-Bingen.

Das Mainwasser ist bei Rüdesheim noch deutlich an seiner braunroten Färbung zu erkennen, wenngleich dieselbe im Vergleich zur letzt untersuchten Strecke etwas abgenommen hat.

Sichttiefe	bei Rüdesheim	60
„	in der Strommitte	70
„	bei Bingen	70

1. Rüdesheimer Hafen.

Nach Angabe der Schiffsbemannung werden in den stillen Buchten (Häfen) bei Rüdesheim und bei Bingen viele Fische gefangen, auch Hechte und Barsche; Weißfische, welche für die genannten Raubfische ein gutes Futter bilden, konnten vom Boote aus in Scharen bemerkt werden.

Sichttiefe im Rüdesheimer Hafen an 3 verschiedenen Stellen gemessen gleichmäßig 64.

a) Plankton: In wenigen Zügen mit dem kleinen Netze, im ganzen von $^1/_2$ Minute Dauer, werden 15 ccm Plankton erhalten, welches eine grüne Färbung besitzt und nur wenig mineralische Sedimente zeigt, es ist als Pandorina-Synura-Polyarthra-Plankton zu bezeichnen; Pandorina und Synura sind massenweise vorhanden, Eudorina weniger, von Rotatorien überwiegt bei weitem Polyarthra platyptera mit vielen Eiern, auch Nauplien sind zahlreich, weniger Cyclops und Bosmina. Von anderen Rotatorien kommen einzeln vor: Synchaeta pectinata auch behaarte Eier, Asplanchna priodonta (mit viel Pandorina und Synura als Nahrung), Anuraea cochlearis mit tecta, Mastigocerca capucina, Brachionus amphiceros und angularis, letzterer häufig in Schmutzhülle, Triarthra longiseta. Von Protozoen Trachelius ovum, Tintinnidium fluviatile, Epistylis lacustris und einige Kolonien von Vorticella campanula. Ferner mehr einzeln Dinobryon cylindricum var. divergens, Ceratium hirundinella, Gymnodinium penardi, Chlamydomonas monadina, Gonium pectorale, Euglena oxyuris, Sphaerocystis schroeteri, Scenedesmus quadricauda, Oocystis marssoni, Dictyosphaerium pulchellum und einige andere Pleurococcaceen, verschiedene Pediastrum-Arten, Polycystis incerta, Oscillatoria agardhi und einige Bündel Aphanizomenon; von Diatomaceen Tabellaria fenestrata asterionelloides, Stephanodiscus, Nitzschia acicularis einzeln, einige schlanke Synedren und dünnfädige Melosiren mit Bicosoeca besetzt, Asterionella mit Diplosigiopsis frequentissima, schließlich Larven von Dreissensien nicht selten.

b) Flußboden: Sehr viel Rheinschlick, mit Säure stark aufbrausend, modrig riechend, nicht stinkend; nach dem Absieben bleiben faulende Blätter und einige Tubificiden, keine Chironomuslaven, ferner nur noch Schalen von älteren Dreissensien.

c) Ufersteine an der Rheinecke mit grünlichem Besatz: hauptsächlich bestehend aus Phormidium ambiguum, dazwischen Chlamydomonas monadina, Rhaphidium polymorphum, Diatoma vulgare mit var. lineare, Nitzschia palea, communis, acicularis, linearis var. tenuis und subtilis var. paleacea, Synedra ulna mit var. splendens, Rhoicosphenia curvata. Navicula cryptocephala, Stephanodiscus hantzschi mit pusillus,

Gomphonema olivaceum, parvulum und angustatum, Encyonema ventricosum mit forma minuta, Microneis minutissima, Amphora ovalis, Cyclotella comta und meneghiniana, Synedra delicatissima var. mesoleia, Fragilaria capucina und construens var. venter und einzelne Nematoden. Andere Steine noch mehr der Rheinseite zu zeigen mehr Besatz von Cladophora glomerata mit etwas Sphaerotilus und von Kieselalgen überwiegend Synedra ulna und Melosira varians, wieder andere Cladophora, Stigeoclonium, Ulothrix zonata und Sphaerotilus mit Nematoden und Diatomaceen.

2. Binger Hafen.

Derselbe steht im oberen Teile durch ein Rohr mit dem Rhein in Verbindung.

a) Plankton: Überwiegend sind hier im Gegensatz zu den anderen untersuchten Buchten die oligotrichen Protozoen Tintinnidium fluviatile und Codonella lacustris sowie Larven der Muschel Dreissensia polymorpha. Zahlreich sind auch Rotatorien besonders Synchaeta pectinata, auch noch Polyarthra platyptera, mehr einzeln Anuraea cochlearis mit tecta sowie aculeata; von Krustazeen neben Cyclops mit Nauplien Hyalodaphnia cucullata, Diaphanosoma brachyurum und Bosmina longirostris-cornuta. Algen kommen hier seltener vor, so Eudorina und Pandorina, Dinobryon stipitatum und cylindricum var. divergens, Synura uvella, Ceratium hirundinella sowie Ceratium cornutum, Peridinium tabulatum und minimum, Pediastrum boryanum und duplex var. clathratum, Scenedesmus quadricauda, Selenastrum acuminatum, Actinastrum, Sphaerocystis, Dictyosphaerium u. a. Pleurococcaceen, ferner noch Euglena acus und Closterium leibleini; von Diatomaceen vorwiegend Tabellaria, schlanke Synedren und dünnfädige Melosiren, unter den letzteren ist recht häufig die Form curvata, mehr einzeln Synedra actinastroides, Asterionella 4- und 8strahlig mit Diplosigiopsis frequentissima, Fragilarien, Diatoma elongatum, Attheya zachariasi, einzeln auch Grundformen wie Cymbellen u. a. Gomphonemen sind abgestorben.

b) Die Untersuchung des Grundes ergibt wieder viel abgelagerten Rheinschlick, der mit Säure übergossen sehr stark aufbraust, aber nicht stinkend ist. Nach dem Absieben bleiben einige Muscheln (Anodonta und Unio) zurück, auch große rote Larven von Chironomus, keine Oligochaeten; auf einer leeren Anodonta-Schale finden sich Eier von Lithoglyphus naticoides.

3. Befestigtes Ufer von Bingen.

a) Pontonbesatz: Cladophora glomerata in 40 bis 60 cm langen Strähnen, darin eine große Nepa cinerea, mikroskopisch nichts Bemerkenswertes, nur potamophile Diatomaceen.

b) Ufersteine. Cladophora mit ebensolchen Diatomaceen, kein Sphaerotilus, kein Stigeoclonium.

Auch auf der Rheinstrecke Rüdesheim-Bingen ist der noch immer statthabende Unterschied zwischen der noch verschmutzten rechten Rheinseite und der reineren linken bemerkenswert. Interessant ist ferner das häufige Vorkommen der nicht zu den saproben Organismen gehörenden Protozoen Tintinnidium fluviatile und Codonella lacustris im Binger Hafen. Dieser bildet keine eigentliche stille Bucht, stellt aber auch kein strömendes Wasser dar; er erhält vom Rhein durch ein Rohr einen andauernden wenn auch nur geringen Zufluß, so daß er ein schwach bewegtes Wasser

darstellt. In solchem scheinen die Lebensbedingungen für diese beiden sich nahestehenden Infusoriengattungen gegeben zu sein, besonders da durch den schwachen aber andauernden Durchfluß von Rheinwasser ihnen kleinste Nahrungsstoffe stets geboten sind. Dagegen haben gewisse Rotatorien, besonders die großen Asplanchnen, die besonders bei der Maiuntersuchung massenhaft im Rüdesheimer Hafen gefunden wurden, in den stilleren Rheinbuchten bessere Lebensbedingungen, da sie größere Algen (Eudorina, Pandorina, Synura) und kleinere Rotatorien als willkommene Nahrung benötigen und dieser in dem ruhigen Wasser besser habhaft werden können als im Strome.

Ohne Ausnahme ist die Anreicherung von Organismen, zahlreichen Vertretern der Mikroflora und der Mikrofauna, in den stillen Buchten bisher festgestellt, wenigstens während der warmen Jahreszeit; wie die Verhältnisse sich im Winter gestalten, wird bei der nächsten Untersuchung festzustellen sein.

XIII. Nahe.

Sichttiefe	oberhalb der Eisenbahnbrücke	30 cm
„	unterhalb derselben	28 „

Wasser lehmig gelb.

a) Plankton: Viel mineralischer Detritus, auch viel organischer meist undefinierbarer mit Moosfragmenten, Textilfasern und Stärkekörnern, unter letzteren ist besonders häufig Kartoffelstärke. Cladothrix und kleine Rasen von Achlya; von Algen am häufigsten Pediastrum boryanum, Pediastrum duplex einzeln, auch abgestorben, dann noch Scenedesmus quadricauda, Rhaphidium polymorphum. Closterium moniliferum und Lepocinclis ovum; von Diatomaceen: Surirella biseriata, splendida und ovata var ovalis, Melosira varians, Cymatopleura solea, Stephanodiscus hantzschi, Cocconeis placentula, Nitzschia communis, Gomphonemen u. a., meist finden sich jedoch Schalen genannter Surirella-Arten, ebenso von Synedra ulna, Nitzschia sigmoidea, Fragilaria virescens u. a. Von Protozoen Lionotus fasciola einzeln, sowie häufig Arcella vulgaris, auch Difflugia pyriformis, abgestorbene Cyphoderien usw. Von Rädertieren: Rotifer vulgaris, Pterodina patina, Salpina redunca, Ploesoma truncatum, Colurus uncinatus und Anuraea cochlearis, von Cyclops nur Panzer, sonst noch junge Chironomidenlarven und Eier.

b) Flußboden an der Eisenbahnbrücke: Schwarzer Schlamm, stark stinkend, auf dem Sieb bleibt massenhaft schwarzer schwefeleisenhaltiger Abfall verschiedenster Art; azoisch.

Der Nahefluß zeigt eine ähnliche Beschaffenheit wie bei den beiden früheren Untersuchungen: eine nur mäßige Verschmutzung, welche auch durch Abfälle mancher Art bewirkt ist.

XIV. Rheinprofil bei Aßmannshausen.

Binger Pegel den 18. August 1906 = 1,95, um 7 Uhr bewölkt, von 8 Uhr ab Regen, oft starke Güsse, Temperatur des Wassers 19° bei 12° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 64 cm.

a) Plankton: Sediment mit Säure kein Schwefelwasserstoff. Typisches Rheinplankton mit viel organischem Detritus wie solcher in der Nahe vorhanden, auch Kartoffelstärke, Cladothrix, viel Surirellenschalen, Cymatopleura, Arcellen und

Difflugien; sonst ziemlich viel Synura uvella, mehr als Eudorina und Pandorina, Rotatorien mehr einzeln wie Anuraea cochlearis mit tecta, Asplanchna, Synchaeta pectinata, Brachionus amphiceros und rhenanus, Mastigocerca capucina, Polyarthra platyptera, ferner einzeln Gomphosphaeria lacustris, Ceratium cornutum neben Ceratium hirundinella, Cryptomonas erosa, Botryococcus, Dinobryon einzeln mit Cysten, Larven von Dreissensia, Cyclops, Nauplien teils mit Colacium vesiculosum besetzt, Bosmina, Hyalodaphnia cucullata und Daphnia longispina.

b) Flußboden: Auf Steinen junge Dreissensien mit ihrem Byssus festhaftend, auf anderen Steinen viele Röhren mit Chironomidenlarven, auch chitinartige Röhren mit solchen Larven und Larven von Hydropsyche.

c) Vegetation auf der frei liegenden Buhne: Cladophora glomerata sehr reich besetzt mit Diatoma vulgare, sowie mit Melosira varians, ferner dazwischen Synedra ulna splendens, Nitzschia acicularis u. a. Diese Kieselalgen verdecken die grüne Farbe der Cladophora fast vollständig, Diatoma ist überall zu finden, während Melosira varians mehr an einzelnen Stellen gehäuft vorkommt; diese braunen und grünen Massen sind überall durchzogen mit Trichomen von Lyngbya kuetzingi Schmidle.

Auf der Nordseite der Buhnen (stromabwärts) sind alle Steine besetzt 1. mit kleinen braunen Büscheln, welche sich wieder erweisen als Ketten von Diatoma vulgare mit Massen von Melosira varians, nur einzelnen Synedren, Nitzschien usw., Chaetophora und Cladophorabüschel kommen dazwischen vor und alles durchzieht wieder Lyngbya kuetzingi, 2. mit Fontinalis in einzelnen Vegetationen, ferner überziehen grünbläuliche Häute von Phormidium ambiguum ganze Teile des auf und zwischen den Steinen abgelagerten Rheinschlicks, die genannte Lyngbya ist wieder dazwischen vertreten, ebenso viel Diatoma vulgare und Melosira varians, ferner Synedra ulna, Encyonema prostratum, Cymbella lanceolatum und einzelne Nematoden.

Oberhalb der Buhnen wird in dem flachen Wasser mit dem Pfahlkratzernetz nur geruchloser Sand gehoben, unterhalb der Buhnen dagegen im Stauwinkel an einigen Stellen schwärzlicher und stinkender Schlamm, der mit Säure Schwefelwasserstoffreaktion gibt; dazwischen, d. h. in dem überstehenden Wasser hält sich Gammarus pulex auf.

B. Strommitte, Sichttiefe bei Wind und Wellen im Mittel von 3 Messungen 60.

a) Plankton: Viel mineralischer Detritus, auch vegetabilischer u. a. organischer wie Pollen von Koniferen, Zellulosefasern, Culexlarvenhüllen usw., zwischen dem Detritus einzeln Callidina elegans. Typisches Rheinplankton ist hier naturgemäß viel reichlicher, besonders jetzt Ceratien, Dinobryen, Tabellaria, Brachionen (darunter wieder Brachionus rhenanus) und Anuraea cochlearis (darunter forma hispida nicht selten), Asplanchna priodonta mit Fragilariennahrung, Schizocerca diversicornis, Triarthra breviseta, Lepadella ovalis, Notommata sp. u. a. Von Protozoen neben Arcella auch Tintinnidium und Codonella, von Krustazeen: Cyclops, Nauplien, seltener Bosmina, Diaphanosoma und Alona, ferner junge Perlidenlarven und Larven von Dreissensia; Synura ist hier nur einzeln, auch Staurastren, Pediastren usw. sowie ganz einzeln Euglena oxyuris.

b) Flußboden: Nichts.

C. Rechte Flußseite, Sichttiefe 56.

a) Plankton: Das Sediment gibt mit Säure Schwefelwasserstoffreaktion. Typisches Rheinplankton mit sehr viel Rotatorien, vorwiegend Brachionus pala-amphiceros, in den meisten Exemplaren eine größere Anzahl von Eiern mit sich führend, nicht selten sind auch frei treibende Synchaeteneier, durch radiär von der Schale abstehende Borsten schwebend gehalten, und Synchaeta pectinata selbst; recht häufig ist ferner Brachionus angularis, mehr einzeln Anuraea cochlearis mit tecta, Polyarthra, Triarthra longiseta, Asplanchna, Rotifer und Actinurus, letztere beide gar nicht selten. Von Algen findet sich viel Pandorina und Synura, beide wohl aus der Anreicherung im Rüdesheimer Hafen stammend, weniger Eudorina, viel Pediastrum duplex var. clathratum auch reticulatum, sowie boryanum, gleichfalls Staurastrum gracile und paradoxum, Sphaerocystis, Scenedesmus quadricauda und obliquus, Schroederia, Botryococcus u. a. Von Diatomaceen außer den typischen Arten, von denen Tabellaria wieder überwiegt, viel Stephanodiscus hantzschi, auch Nitzschia acicularis, linearis und palea, Melosira tenuis mit Bicosoecabesatz, Larven von Dreissensia, von jungen Chironimiden und Perliden, Nematoden und eine Hydrachnidennymphe, Zellulosefasern einzeln.

b) Flußboden: Nichts.

c) Pontonbesatz: Cladophora-Strähnen mit vielen jungen Larven von Chironomiden, sowie von Ephemeriden, von Rhyacophila, Hydropsyche u. a., dazwischen immer Nematoden; Fontinalisbüschel ergeben einen ähnlichen Befund, jedoch viel weniger reich, zwischen Rasen von Vaucheria finden sich umfangreiche Abscheidungen von Eisenhydroxyd. In $^1/_4$ bis $^1/_3$ m Tiefe werden die Cladophora-Strähnen selten, jedoch die Vaucheria-Wucherungen häufiger, auch hier Ablagerungen von Eisenhydroxyd, doch seltener.

d) Steine des Ufers: Auf der Oberseite einzelne nur 2 cm lange Cladophorabüschel, auf den unteren Seiten Spongillenüberzüge, Larven von Chironomiden, Hydropsyche und anderen Trichopteren, sowie Nephelis-Kokons.

Auch bei Aßmannshausen macht sich in dem Wasser auf der rechten Seite die Verunreinigung, welche weiter oberhalb auf einer langen Strecke im Wasser und auf dem Grunde festgestellt wurde, durch die Anhäufung gewisser Rotatorien (Brachionus pala und angularis, Rotifer und Actinurus) noch in geringem Grade bemerkbar. Die vorher typische Alge Stigeoclonium scheint bei Aßmannshausen verschwunden zu sein, es fehlt ihr hier an den nötigen Lebensbedingungen. Zellulosefasern gelangen noch bis hierher treibend mit dem Strom; ferner wird im Plankton noch reichlich schwefeleisenhaltiger Detritus, wie er im Main häufig war, festgestellt, dagegen nicht auf der linken Rheinseite, auf welcher sich besonders die sich schwebend haltenden Verunreinigungen des Naheflusses bemerkbar machen. Daß hier auf der linken Seite vor einiger oder längerer Zeit auch noch stärkere Verunreinigungen stattgefunden haben, sehr wahrscheinlich auch durch den Nahefluß, beweisen die auf den jetzt freiliegenden Buhnen massenweise wuchernden Verbände von Kieselalgen, welche so üppig nur in bereits mineralisierter ursprünglich reichlich vorhandener organischer stickstoffhaltiger Substanz gedeihen; es kommen hier besonders die Arten Melosira

varians und Diatoma vulgare in Betracht. Eigentümlich bei den Befunden — und vom Berichterstatter an anderen Orten noch nicht konstatiert — ist die Lebensgemeinschaft der beiden blaugrünen Algen Lyngbya kuetzingi und Phormidium ambiguum mit den genannten Kieselalgen. Unter den letzteren haben für die Beurteilung, besonders bezüglich stattgehabter Verunreinigungen, noch einige andere aufgefundene Arten gewissen Wert wie Cymbella lanceolatum, Encyonema prostratum u. a.

XV. Lorcher Werth und Wisper.

1. Lorcher Werth an der unteren (nördlichen) Inselspitze mit befestigtem Ufer.

a) Überflutete Buhnensteine der Westseite. Hier ein ähnlicher bräunlicher Besatz wie auf der Buhne bei Aßmannshausen: Cladophora in 2—3 cm langen Flocken überwuchert mit Diatoma vulgare, andere Kieselalgen sind nur wenig vorhanden, auch Melosira varians nur einzeln; Lyngbya kuetzingi findet sich auch hier zwischen den Diatoma-Ketten.

b) Der hier gehobene Sand ist azoisch.

c) An der Inselspitze, also im Stau, finden sich umfangreiche Bestände von Potamogeton pectinatus, welche eine Länge von 1,45 bis 1,60 m aufweisen, dazwischen große Exemplare von Gammarus pulex und 80 bis 90 cm lange Strähnen von Cladophora glomerata; diese sind ziemlich frisch gewachsen und weisen nur geringen Besatz auf von Diatoma vulgare und einigen Gomphonemen.

d) Flußboden an der Ostseite der nördlichen Inselspitze. Hier hat sich normaler geruchloser Sand abgelagert, welcher jedoch weiter oberhalb mehr im Rückstau eine schwarze Farbe annimmt durch Schwefeleisen enthaltenden Detritus; in ihm leben große rote Chironomus-Larven, sonst finden sich nur einige Bythinia-Schalen.

2. Wisper.

a) Plankton: Bei dem andauernden starken Regen sehr viel mineralischer auch organischer Detritus, ferner Holzfasern, Textilfasern, Stärkemehlballen (Brotreste), Häute von Perliden-Larven, Pinus-Pollen, Dipteren-Schuppen, auch einzelne Fäden von Cladothrix; außer einigen Arcellen, Surirella biseriata, Monura dulcis und Lepadella ovalis sind keine Lebewesen vorhanden.

b) Steine vom Grunde der Wisper weisen nirgends schwarzen oder schwärzlichen Belag auf; nur einige Röhrchen von Chironomiden-Larven und etwas Limnaeen-Laich findet sich auf ihnen.

Verunreinigungen zeigt die Wisper nicht.

XVI. Rhein bei Bacharach.

1. Ufer von Bacharach, linke Flußseite.

a) Pontonbesatz: Algensträhne von 40—50 cm Länge. Cladophora glomerata in perfekter Sporulation sowie mit noch geschwollenen Endzellen (Zoosporangien), nur wenig Besatz von Diatoma vulgare und Encyonema prostratum.

b) Flußboden: Steine mit vielen Larven von Chironomiden, auch von Hydropsyche, Nephelis und Kokons; einige Steine weisen Besatz der roten Alge Hildenbrandia rivularis auf.

(Wegen des niedrigen Wasserstandes ist selbst mit dem Boote nicht zum Bacharacher Werth zu gelangen, da bei der starken Strömung die Kribben hinderlich sind.)

2. Cauber Werth.

Westseite (auf der Ostseite zu starke Strömung), Flußboden: Nach drei längeren Dretschezügen nur Sand gehoben, der sich als azoisch erweist und frei von Schwefeleisen ist. Es finden sich nur einige Cladophora-Büschel und Triebe von Potamogeton pectinatus, auch bei weiteren Dretschezügen nur Sand. Die Buhnensteine sind teils mit Cladophora, teils mit Fontinalis bewachsen.

XVII. Rheinprofil bei St. Goar bis St. Goarshausen.

Temperatur des Wassers mittags $2^1/_2$ Uhr $19{,}4^0$, bei $17{,}4^0$ Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite (St. Goar). Sichttiefe 67.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton, einzelne Flocken von Sphaerotilus natans auch makroskopisch zu sehen, geringe Mengen von Zellulosefasern. Vorwiegend im Plankton sind Brachionen, die Art angularis ist jetzt ebenso zahlreich wie amphiceros vertreten, mehr einzeln Asplanchna, Triarthra longiseta, Synchaeta pectinata und Pompholyx sulcata; wasserblütebildende Algen treten jetzt im Strome häufiger auf (wohl nach den letzten Regengüssen aus Altrheinen zugeschwemmt), an der Oberfläche des konservierten Planktons hatte sich eine grüne Schicht gebildet, die aus folgenden Arten bestand: Gomphosphaeria lacustris, Clathrocystis aerugionosa, beide häufig, Aphanizomenon flos aquae, Anabaena flos aquae und Anabaena macrospora, Oscillatoria agardhi, auch Botryococcus brauni; von anderen Algen kommen im Plankton noch vor: Dinobryon protuberans, Staurastrum polymorphum, Eudorina und Pandorina sind nicht mehr so häufig als an den vorhergehenden Tagen, einzeln noch Scenedesmus quadricauda, obliquus und arcuatus, Dictyosphaerium pulchellum, Golenkinia radiata, Actinastrum hantzschi mit var. fluviatile, Oocystis marssoni; Synura uvella, Ceratium cornutum und hirundinella, Peridinium quadridens, Colacium vesiculosum und einzeln Euglena oxyuris; von Protozoen: Tintinnidium fluviatile, Epistylis umbellaria und einige Acineten; von Diatomaceen neben den typischen Formen: Nitzschia vermicularis, acicularis und palea, Fragilaria virescens, Melosira varians, Pleurosigma attenuatum, Stephanodiscus hantzschi mit pusillus und Stephanodiscus astraea, Diatoma vulgare, Synedra actinastroides mit var. opoliensis, Surirella ovalis var. minuta u. a.

b) Flußboden: Steine allseitig besetzt mit Chironomiden-Larven in Röhren, auch mit solchen von Hydropsyche (imago einzeln am Ausschlüpfen); ferner Nephelis und Kokons, viel junger Gammarus pulex, auch alte Individuen, Polycelis, Cladophora und Fontinalis; auch eine größere Flasche findet sich besetzt mit genannten Larven und Nephelis-Kokons.

c) Pontonbesatz: Cladophora in 50 cm langen Strähnen mit Abscheidungen von Eisenhydroxyd, Fontinalis mit Vorticellen und Acineten; in $^1/_3$ m Tiefe findet sich mehr Vaucheria mit noch umfassenderen Eisenabscheidungen, hier viele Acineten; von Diatomaceen besonders Gomphonemen mit den Arten olivaceum, angustatum und constrictum.

B. Strommitte. Sichttiefe 58.

a) Plankton: Organismen wie in A, auch Sphaerotilus, von Aphanizomenon mehr Bündel, Brachionus angularis hier besonders häufig mit Colacium vesiculosum, neben viel Brachionus amphiceros auch rhenanus, einzeln Euchlanis und Gastropus stylifer, Notholca longispina und Polyarthra teilweise abgestorben.

b) Flußboden: Größere Steine mit dünnen Räschen von Cladophora, einzeln auch Stigeoclonium mit Oscillatoria-Bruchstücken bezw. von Phormidium, Larven von Chironomiden und Hydropsyche, Gammarus pulex u. a. Hildenbrandia fehlt hier.

C. Rechte Flußseite, St. Goarshausen. Sichttiefe 67. Eine Färbung durch Mainwasser ist nicht mehr wahrzunehmen.

a) Plankton: Organismen wie in A und B, doch hier Stephanodiscus hantzschi sehr häufig, auch mehr Scenedesmus obliquus und Pediastren, sowie viele Larven von Dreissensia.

b) Flußboden: Größere Steine mit obengenannten Larven, auf Schieferstücken auch Ephemeriden-Larven.

c) Pontonbesatz: Sehr lange Cladophora-Strähnen von 0,90 bis zu 1,44 m Länge, dazwischen viele Larven wie oben, auch wieder viel Eisenhydroxyd, Fontinalis mit ähnlichem Befund; von Kieselalgen hier vorwiegend Diatoma vulgare, von Rotatorien Rotifer vulgaris und Colurus uncinatus.

Zurzeit sind die Auslässe der beiden Städte St. Goar und St. Goarshausen nicht geöffnet; eine Verunreinigung des Flusses durch die beiden Städte wurde nicht festgestellt.

Einige auf der rechten Rheinseite gefundene charakteristische Organismen mögen darauf hindeuten, daß die auf der Rheingaustrecke sich rechts haltende Verunreinigung hier im Gegensatz zur linken Seite sich noch bemerklich macht; auch das auf der rechten Seite viel üppigere Wachstum der Cladophora mag durch mehr reichliche Nahrung mit organischer Substanz veranlaßt sein.

XVIII. Lahn.

Wassertemperatur am Morgen des 20. August 8½ Uhr 16,3 ⁰ bei 11,3 ⁰ Lufttemperatur; Sichttiefe an der Eisenbahnbrücke 45. Reaktion des Wassers neutral.

a) Plankton, Sediment mit Säure weder Reaktion auf H_2S noch auf CO_2: Sehr viel organischer und mineralischer Detritus, auch Textilfasern, Stärke, Vogelfederreste, Moosfragmente und anderer Abfall; viel zersetzte Fäden von Ulothrix zonata (Zellen bereits sporuliert), auch einige Oedogonium-Fäden, wenig Cladothrix, einzeln Cryptomonas ovata, Scenedesmus quadricauda, Pediastrum boryanum u. a., viel lebende Nitzschia palea, auch Nitzschia acicularis, linearis und sigmoidea, Melosira varians, Navicula cryptocephala und rhynchocephala, Stephanodiscus hantzschi, Cocconeis, Synedra ulna sowie deren Schalen und solche von Surirellen; Arcella vulgaris, Chilodon uncinatus, Euchlanis, Brachionus urceolaris und angularis, alle diese nur einzeln, ebenso Nauplien, Cyclops, Häute von Alona und Insektenlarven, Eier von Dipteren und junge Chironomiden-Larven.

b) Flußboden, Strommitte: Lehmiger Schlamm zwischen den Steinen, diese oft dicht besetzt mit Röhren von Chironomiden-Larven; nach dem Absieben des Schlammes nur Kohlestücke und einige Triebe von Potamogeton fluitans.

In der Schleusenbucht enthielt der Schlamm viel vegetabilischen Abfall mit roten Larven von Chironomus und einigen von Perla, sonst nur Schalen von Sphaerium.

c) Besatz am Schleusentor: Viel junge Chironomiden-Larven, einzelne Häute von Phormidium autumnale mit Oscillatoria tenuis, ferner eine kleine Kolonie von Cristatella mucedo mit unreifen Statoblasten.

Die Lahn zeigt — wie auch bei den früheren Untersuchungen — an ihrer Mündung keine bemerkenswerten Verunreinigungen mehr.

XIX. Stiller Rheinarm bei Oberwerth.

Sichttiefe 55.

Nach dem Lande zu finden sich in der Ufernähe größere Bestände von Potamogeton perfoliatus, oberhalb derselben auf der Wasseroberfläche treiben zahlreiche Wasserläufer (Hydrometra) ihr Spiel; es finden sich auch kleinere Bestände von Potamogeton pectinatus. Beide Laichkrautarten zeigen folgenden Besatz: Vorwiegend Navicula cryptocephala, auch Stephanodiscus hantzschi häufig, mehr einzeln Navicula viridula u. a., Nitzschia palea, linearis und debilis, Cymbella cymbiformis, Melosira varians, Epithemia sorex u. a., ferner Euplotes charon mit braunem Inhalt, Stylonichia mytilus, Cryptomonas erosa, Cosmarium botrytis, Closterien, Euchlanis, Colurus, Rotifer, Diglena u. a., alle nur einzeln.

b) Plankton: Wenig Detritus, typische Rheinplanktonten mit viel Asterionella gracillima, gleichfalls viel Tabellaria, Synedra longissima und delicatissima, Fragilaria crotonensis, Cyclotella comta var. radiosa und quadrijuncta sowie melosiroides, Cyclotella meneghiniana, Stephanodiscus hantzschi mit pusillus und Stephanodiscus astraea, Synedra actinastroides häufig, Surirella splendida häufig, Surirella biseriata und ovalis var. ovata, Diatoma elongatum in längeren Ketten, die anfangs genannten verschiedenen Arten der dünnfädigen Melosiren, Melosira varians, Synedra ulna, splendens, Cymatopleura solea, Epithemia sorex, Microneis minutissima, verschiedene Gomphonema-Arten, Cocconeis usw. Attheya zachariasi nicht gefunden. Zahlreich kommt auch Pandorina vor, Eudorina etwas seltener, ferner die oben genannten Dinobryon-Arten, beide Ceratien, drei Peridinium-Arten und Gymnodinium penardi, Synura, Scenedesmen und mehrere Pediastrum-Arten, Rhaphidium, Dictyosphaerium, Actinastrum, Sphaerocystis und die anderen oben genannten Pleurococcaceen-Gattungen, verschiedene Closterien und Staurastren, Cosmarium botrytis, Cryptomonas erosa, Euglena acus und viridis einzeln, Lyngbya limnetica, Oscillatoria limosa und einige Phormidientrichome, Oscillatoria agardhi jedoch nur einzeln, ebenso Gomphosphaeria lacustris; von Protozoen: Codonella lacustris nicht häufig, einzeln Tintinnidium fluviatile, ebenso Stentor igneus, Difflugia hydrostatica, Arcella, Vorticellen, Diplosigiopsis auf Asterionella; von Rotatorien nur wenige, am meisten noch Synchaeta tremula und Polyarthra platyptera, einzeln Anuraea cochlearis mit tecta, Brachionus amphiceros und rhenanus, Asplanchna, Triarthra, Conochilus, Lepadella, Diglena u. a., wenig Larven von Dreissensia, einzeln Chydorus, keine Copepoden aufgefunden, aber wie auch im Mai wieder Cercarien von Gasterostomen. An Stellen etwas weiter oberhalb zeigt das Plankton eine ganz ähnliche Zusammensetzung, in wenigen Zügen mit dem kleinen Netze werden auch hier 20 ccm Plankton gefischt.

c) Bodengrund: In wenigen Dretschezügen (bei kurzem Anziehen) ist schon der Dretschebeutel gefüllt mit modrig riechendem grauschwarzem Schlamm, der abgesiebt viele faulende Blätter hinterläßt, dazwischen viele rote Chironomus-Larven, Muscheln (Unio und Sphaerium corneum var. nucleus) und von Schnecken Lithoglyphus naticoides wie im Mai mit Eiern auf der Schale, sowie einzeln Bythinia und Valvata.

d) In einem Stück auf dem Wasser treibender Schlacke werden mehrere Käfer (Agabus maculatus und Haliplus sp.) aufgefunden.

Das Plankton erweist sich in dem stillen Wasser des Oberwerther Rheinarmes wieder als sehr reich an Organismen, besonders von Schwebealgen, von denen fast 60 verschiedene Arten gefunden werden. Es muß immer wieder hervorgehoben werden, daß diese in den stillen Rheinbuchten besonders während der wärmeren Jahreszeit zur Massenentfaltung gelangenden kleinen Pflänzchen bei ihrer anorganischen Ernährungsweise als Sauerstoffproduzenten sowie auch bei ihrer organischen durch direkte Aufnahme gelöster organischer Substanz für die Selbstreinigung der Gewässer eine sehr bedeutende Rolle spielen. Ohne ihre Zuschwemmung aus den verschiedenen im August und früher untersuchten Buchten würde der Rhein kein so reiches und reichhaltiges Plankton aufweisen, wie es wohl erst jetzt durch diese biologischen Untersuchungen bekannt wird. Natürlich gebührt auch der Mikrofauna ein nicht unerheblicher Anteil bei der Selbstreinigung des Flusses; gewisse Protozoen (deren Arten erst in der kalten Jahreszeit bei ihrer größeren Häufigkeit, namentlich bei Anwesenheit von im Winter zahllos treibenden Pilzen festgestellt werden sollen), Rädertiere, Krustazeen und andere Tiergruppen kommen als Bakterienfresser und Detritusverminderer dabei in Betracht. Im August treten diese Planktozoen in den untersuchten stillen Buchten gegenüber den Pflänzchen (mit Ausnahme der etwas verunreinigten Casteler Lache) und besonders bei Oberwerth mehr zurück, sowohl an Arten- als an Individuenzahl. Auf dem Grunde des Oberwerther Rheinarmes werden im August nicht so reichlich Mollusken gefunden wie bei den beiden früheren Untersuchungen, vermutlich deshalb, weil im Sommer dieser Rheinarm ausgebaggert war. Parasiten von Schnecken und Fischen werden jedoch im August wie schon im Mai freischwebend im Wasser gefangen.

XX. Rhein bei Coblenz.

Wassertemperatur am 21. August früh 8 Uhr 18,2° bei 17,0° Lufttemperatur; Coblenzer Pegel 2,12. Trotz des während der letzten Tage im Untersuchungsgebiet niedergegangenen starken Regens ist der Rheinwasserstand hier nicht wesentlich beeinflußt, da ein schnelles Steigen mehr durch die Zuflüsse des Oberrheins bedingt sein soll.

A. Linke Flußseite, Coblenz. Sichttiefe 80.

Besatz an den Pontons der Schiffbrücke: Watten von Vaucheria mit etwas Sphaerotilus, von Diatomaceen hauptsächlich Synedra ulna mit splendens, Diatoma vulgare mit var. lineare, Melosira varians u. a., viele junge Larven der Gattungen Chironomus und Tanypus, einzelne Fettropfen, in Büscheln von Cladophora finden sich viel mehr derselben angetrieben, zwischen Fontinalis mehr Rotifer vulgaris und Nematoden. In $^1/_2$ m Tiefe derselbe Befund.

B. Strommitte, Sichttiefe 69.

Pontonbesatz wie bei A, jedoch noch einige Chantransia-Rasen mit Oligochaeten; zwischen Vaucheria Abscheidungen von Eisenhydroxyd.

In $^{1}/_{3}$ m Tiefe mehr Nematoden und viel mineralischer Detritus, einzeln Ulothrix zonata ohne Besatz von Kieselalgen.

C. Rechte Seite, Ehrenbreitenstein, Sichttiefe 79.

Pontonbesatz: Wie links und Mitte, jedoch hier noch Larven von Ceratopogon, die Vaucheria-Watten weisen häufig Acineten auf, namentlich in $^{1}/_{3}$ m Tiefe, von ziliaten Protozoen nur einzelne Individuen.

In Betracht kommende Unterschiede im Vorkommen gewisser Lebewesen machen sich im Pontonbesatz der Schiffbrücke an keiner Stelle bemerkbar. Saprobe Organismen, welche schwächere oder stärkere Verunreinigungen angezeigt hätten, können nicht aufgefunden werden, wenn man nicht die auf der rechten Seite nicht selten vorkommenden Acineten als solche ansprechen will. Von Fadenalgen tritt neben Cladophora mehr Vaucheria auf, gleichfalls Fontinalis, welches Moos mit Vaucheria mehr in der Tiefe wucherte. Diatomaceenbesatz ist nur in geringen Mengen vorhanden; der auffällige Befund von nur kleinen Algenflocken besonders der Cladophora findet in den Angaben der Beamten seine Erklärung, daß die Pontons von Zeit zu Zeit dieses Besatzes entledigt werden müssen. Erst kürzlich soll das der Fall gewesen sein, da die Pontons neu angestrichen werden mußten. Aus dem Grunde kann die Vegetation an den Pontons für die Beurteilung nur in geringem Maße verwertet werden.

XXI. Mosel bei Coblenz.

Wassertemperatur nachmittags $3^{1}/_{2}$ Uhr 18,3° bei 19,4° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite, jenseits des Parallelwerkes, Sichttiefe 70 (hier verkehren viele kleine Boote).

a) Plankton mit Säure nur geringes Aufbrausen, gar keine Reaktion auf H_2S: Organischer und mineralischer Detritus, unter ersterem besonders animalischer, wie Hüllen von Insektenlarven und desgl., auch Textilfasern sind nicht selten, namentlich von Baumwolle; sonst vorwiegend Scenedesmen (quadricauda, obliquus, acuminatus und bijuga), Pediastren (boryanum var. longicorne und brevicorne, duplex var. reticulatum und genuinum), Pandorina morum, Chlamydomonas monadina, ganz einzeln Clathrocystis aeruginosa, Chladophora- und Ulothrix-Fäden; von Diatomaceen am meisten Stephanodiscus hantzschi, mehr einzeln Diatoma vulgare, Melosira tenuis, Nitzschia linearis und sigmoidea, Navicula cryptocephala, Surirella splendida und ovalis var. ovata, Stauroneis phoenicenteron, Synedra ulna, Cyclotella meneghiniana; einzeln Arcella, Difflugia pyriformis (beide auch abgestorben) und Cyphoderia; von Rotatorien Anuraea tecta, Brachionus urceolaris und rhenanus, Polyarthra und Conochilus, sonst noch Nauplien, einzeln Chydorus, Bosmina und Canthocamptus.

b) Flußboden: Schlamm nicht stinkend; ein mitgehobener eiserner Faßreifen ist dicht besetzt mit Röhrchen von jungen Chironomidenlarven, auch einzelne große rote Chironomus-Larven finden sieh dazwischen, ferner kleinere und größere Dreissensien, junge Sphaerium dickini und Unio batavus.

B. Strommitte, Sichttiefe 120.

a) Plankton: Dieselben Organismen, auch noch Synedra actinastroides und delicatissima, von Rotatorien Euchlanis und Floscularia mutabilis, auch Cyclops und junge Chironomidenlarven.

b) Flußboden: Ähnlicher Befund wie links an Larven und Muscheln, ferner Bythinia, Lithoglyphus und Neritina.

C. Rechte Seite (Coblenz), Sichttiefe 138.

a) Plankton: Dieselben Organismen wie vorher aufgeführt, auch Cyclotella quadrijuncta, ganz einzeln schwärmende Vorticellen und Acineta grandis.

b) Flußboden (die Notauslässe sind seit längerer Zeit nicht geöffnet worden): Schlamm stinkend und von tief schwarzer Farbe; die meisten Steine weisen einen schwarzen Belag von Schwefeleisen auf; dazwischen viel Nephelis vulgaris und auf den Steinen selbst viele ihrer Kokons, überall auch Larven von Chironomiden sowie von Hydropsyche; häufig ist ferner Bythinia tentaculata (mit einem lang ausgeholten Dretschezuge werden 31 dieser Muscheln gehoben!), nicht selten Vivipara fasciata, ältere und jüngere, Ancylus fluviatilis, Asellus aquaticus, Gammarus pulex und fluviatilis; Sphaerotilus findet sich nirgends, als Steinbesatz außer Schwefeleisen kleine Cladophora-Büschel und einzelne Oscillatoria-Fäden. Ein mit dem stinkenden Schlamm zugleich gehobener Mineralwasserkrug ist auf der Außenseite besetzt mit Larven von Chironomiden und Hydropsyche sowie mit Nephelis-Kokons.

Auch bei der Augustuntersuchung erweist sich das Moselwasser als nicht verschmutzt, ebensowenig der Flußgrund auf der linken Seite und in der Mitte; dagegen macht sich am Grunde der rechten Seite unterhalb der Coblenzer Siele, die zur Zeit der Untersuchung nicht geöffnet sind, eine alte Verunreinigung sowohl durch viel stinkenden schwarzen Schlamm als auch besonders durch schwarzen Belag von Schwefeleisen auf den meisten Steinen bemerkbar. Die Rotalge Hildenbrandia wird wohl deshalb als Steinbesatz nicht mehr gefunden.

XXII. Hellinghafen und Kribben. (Laichschonrevier.)

1. Hellinghafen.

a) Plankton: dasselbe zeigt keinen Unterschied mit dem der Mosel, nur ist es etwas reichlicher und einzeln kommt hier Bacillaria paradoxa vor.

b) Steine des Grundes: Mit vielen Larven von Chironomiden und Hydropsyche, kleine Bythinia tentaculata und Laich von Gulnaria.

c) Größere Bestände von Najas major.

2. Vorderes Kribbenbecken, an der Moselseite.

a) Wasserpflanzen in größeren Beständen, besonders wieder Najas major, ferner Limnanthemum nymphaeoides in Blüte, Myriophyllum spicatum, Polygonum amphibium, dazwischen Spirogyra-Watten.

b) Plankton: Viel Colacium vesiculosum, teils freischwimmend, teils an Cyclops und Nauplien, welche hier häufig sind, gleich häufig ist Bosmina longirostris-cornuta, nicht selten Diaphanosoma brachyurum namentlich in Jugendstadien; von Rotatorien viel Polyarthra platyptera mit Eiern, zuweilen mit einer Chlamydomonas-Art besetzt,

die auch an Krustazeen vorkommt[1]), neben Polyarthra platyptera kommt auch nicht selten forma euryptera vor, mehr einzeln Synchaeta tremula; von Diatomaceen findet sich hier wieder Bacillaria paradoxa, aber nur ganz einzeln, wenig mehr Cyclotella meneghiniana, Cocconeis placentula, Coscinodiscus lacustris, Navicula cryptocephala, Stephanodiscus astraea, Pleurosigma attenuatum und Microneis minutissima; einzeln ferner Difflugia pyriformis, Eudorina elegans, Pediastrum boryanum, Scenedesmus bijugatus, Merismopedium glaucum, Coelastrum microporum; Dinobryen, welche im Mai hier in Mengen vorkamen, nur ganz vereinzelt.

3. Kribbenbecken nach der Rheinseite zu:

a) Größere Bestände von Najas und Limnanthemum wie im ersten Becken, dazwischen häufig Sida crystallina, einzeln auch Rotifer und Vorticellen; auf dem Grunde des ziemlich klaren Wassers sind größere Stöcke von grünen Schwämmen zu bemerken, die ohne Gemmulae gefunden werden, doch durch den Besitz von sog. Fleischnadeln als Euspongilla bezeichnet werden müssen.

b) Plankton: Organismen wie im oberen Becken, doch von Rotatorien hier noch Synchaeta pectinata und einzeln Asplanchna priodonta sowie Anuraea cochlearis. Polyarthra ist hier ebenso häufig, auch Nauplien und Bosminen, einzeln Cyclops und Diaptomus auch mit Colacium und Chlamydomonas, ferner Chydorus; von Diatomaceen außer den oben genannten nur ganz einzeln vorkommend Fragilaria capucina und Nitzschia palea, keine Attheya, sonst noch vereinzelt Closterium acerosum, Merismopedium glaucum, einige Pediastren und Scenedesmen.

Im Laichschonrevier hat sich während der warmen Jahreszeit eine üppige Flora von höheren Wasserpflanzen entwickelt, auch das Nixenkraut (Najas), das sich früher nur in einzelnen Zweigen vorfand, wuchert überall in diesem Gebiete bis in die Mosel hinein. Zwischen diesen Pflanzen finden sich viele größere Krustazeen (Sida), sowie mehr freischwimmend im Becken auch große Mengen von kleineren, Daphniden, Copepoden u. a. mit ihren Entwickelungszuständen; diese Kruster bilden in den stillen Buchten ein vorzügliches Futter für die Fische, ihre Jugendzustände sowie die vielen Rädertiere auch für die Fischbrut, sodaß die hier angelegten Laichplätze ganz ihren Zweck zu erfüllen scheinen. Die häufig gefundene Bosmina wie gleichfalls die Sida ist wegen ihres Reichtums an Albuminaten und Fett besonders geeignet, die jungen Fische zum schnellen Aufwachsen zu bringen. Das Zurücktreten der Mikroflora, der Diatomaceen und grünen Schwebealgen im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen wäre nach den bisherigen Anschauungen dadurch zu erklären, daß die hier so reich wuchernden Wasserpflanzen sich der meisten pflanzlichen Nährstoffe bemächtigen; es nehmen jedoch nach den neuesten Versuchen von Raymond H. Pond die im Boden wurzelnden Wasserpflanzen ihre Nahrung aus diesem auf; sind diese Arbeiten richtig, so blieben hier als Nahrungskonkurrenten des Phytoplanktons allein die Spirogyra-Watten, welche aber der Menge nach den höheren Wasserpflanzen gegenüber nicht so sehr in Betracht kommen können.

---

[1]) E. Lemmermann-Bremen erklärt diese Alge als eine neue Art und möchte sie als Chlamydomonas epiphytica bezeichnen.

XXIII. Rhein bei Niederwerth.

Treibende Flocken von Wasserpilzen sind nirgends zu bemerken.

A. Linke Flußseite (Moselseite), Sichttiefe 108 (Moselmitte 120).

a) Plankton 10 m vom Ufer entfernt: Sehr viel Detritus, auch organischer wie in der Mosel, wenig typische Rheinplanktonten, meist Organismen wie in der Mosel und auch im Kribbenbecken festgestellt: Floscularia mutabilis mit Dauerei u. a. Rotatorien, sonst noch einzeln Rotifer und Actinurus neptunius, Stephanodiscus hantzschi, Cyclotella comta, Surirella splendida, Melosira tenuis, Synedra actinastroides, junge Chironomidenlarven, junge Diaphanosoma und Spiculae.

b) Flußboden: Nichts.

c) Ufersteine: Unten besetzt mit Schlammröhren junger Chironomiden, auch mit solchen von gestielter Bauform; oben mit Cladophora von nur 1 cm Länge, dazwischen einzeln Clepsine bioculata, auch einzelne Larvengehäuse von Leptocerus und Rhyacophila; mikroskopisch: Diatoma vulgare, Melosira varians u. a., Closterium leibleini und einige Nematoden.

B. Strommitte, Sichttiefe 73.

a) Plankton an der Oberfläche sowie in 1½ m Tiefe gefischt. Sediment gibt mit Säure schwache Reaktion auf H_2S. Viel mineralischer Detritus, typische Rheinplanktonten wie bei Weisenau aufgeführt, vorwiegend Tabellaria, auch Asterionella und schlanke Synedren nicht selten, etwas seltener die dünnfädigen Melosiren, auch Fragilaria crotonensis, einzeln capucina, Synedra actinastroides, ganz einzeln Grundformen wie Pleurosigma attenuatum u. a.; von Algen ist Eudorina am meisten vertreten, weniger Pandorina, Pediastrum duplex var. clathratum und reticulatum, Pediastrum boryanum, Dinobryon cylindricum var. divergens, Synura uvella, Botryococcus, Sphaerocystis, Scenedesmen, Dictyosphaerium und andere Protococcoideen, Cryptomonas erosa, Colacium vesiculosum an Cyclops und Nauplien, die wie immer im freien Rheinstrome mehr einzeln vorkommenden Bosminen, nicht selten ist noch Ceratium hirundinella, mehrere Peridinium-Arten, Staurastrum paradoxum, Gomphosphaeria lacustris, Aphanizomenon in Bündeln, ganz einzeln Clathrocystis aeruginosa; Difflugia pyriformis; Brachionus pala-amphiceros, angularis und bakeri, Synchaeta pectinata und tremula, Polyarthra, Triarthra, Asplanchna priodonta (meist mit Tabellarien als Nahrung), Anuraea cochlearis mit tecta, Monostyla lunaris u. a.

Zwischen Oberflächen- und Tiefenplankton ist kein wesentlicher Unterschied zu konstatieren.

b) Flußboden: Viele größere Steine meist glatt und ohne Besatz; bei anderen, welche Vertiefungen haben, darin Chironomiden-Larven und solche von Rhyacophila und Hydropsyche.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 75.

a) Plankton (Sediment gibt schwache Reaktion auf H_2S): Auch viel mineralischer Detritus, Organismen wie in der Mitte, gleichviel Eudorina, doch etwas mehr Brachionus amphiceros, dann noch Stentor roeseli einzeln; ferner schwimmende Statoblasten von Plumatella repens, sowie junge Larven von Corethra plumicornis, Oscillatoria agardhi kommt hier nicht mehr vor, ebensowenig Sphaerotilus, ferner auch keine Oscillatorien-

Bruchstücke wie im Mai häufig, nur wenige Trichome wohl von Oscillatoria limosa sind bei längerer Durchmusterung der Planktonproben zu bemerken; nur auf der rechten Seite treiben noch ganz einzeln Zellulosefasern.

An dem in $2^1/_2$ Tiefe gefischten Plankton ist kein Unterschied mit dem von der Oberfläche gefischten in der Zusammensetzung zu bemerken.

b) Flußboden: Größere Steine mit Spongillen und Nephelis-Kokons, auch große Egel, Larven von Hydropsyche und sehr viel junge von Chironomiden, Dendrocoelum lacteum, Clepsine bioculata, sehr häufig ist Gammarus pulex in jüngeren und in älteren Individuen, einzeln noch junge Notonecta und andere Larven.

Wie schon bei Aufführung der auf der oberen Rheinstrecke bei Weisenau im Plankton (einen Tag später wie bei Niederwerth untersucht) vorkommenden Organismen bemerkt wurde, ist kein wesentlicher Unterschied festzustellen. Der Wasserpilz Sphaerotilus natans tritt während der warmen Jahreszeit bei Niederwerth nicht mehr auf, während er bei Weisenau unterhalb stärkerer Verunreinigungsquellen noch gefunden wird. Die Fauna des Grundes ist dagegen bei Niederwerth und auch schon auf den weiter oberhalb untersuchten Strecken eine mannigfaltigere und reichere geworden, namentlich kommen hierbei verschiedene Insektenlarven in Betracht, vor allem die der Chironomiden, welche sich auf der Strecke nach Millionen berechnen lassen. Je weiter der Rhein zu Tal fließt und ihm mehr unlöslicher Abfall zugeführt wird, desto mehr scheint sich auch die gröbere Fauna des nicht mehr in stetiger Bewegung befindlichen Grundes zu vermehren.

Die durchschnittliche Sichttiefe des Rheins auf der Strecke Weisenau-Coblenz, Verdünnung durch Moselwasser nicht mit eingerechnet, berechnet sich für die

linke Flußseite auf 70,
für die Strommitte auf 64,
und für die rechte Seite auf 60,

die durchschnittliche Sichttiefe der stillen Buchten, die wesentlich durch den Reichtum an Plankton bedingt ist, auf 60 cm.

Beitrag zur Kenntnis der Phagocytose und der Herkunft des Komplements.

Von

Prof. **Dr. F. Neufeld,**

Regierungsrat im Kaiserl. Gesundheitsamte.

Die von mir im Verein mit meinen Mitarbeitern in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen haben zu dem Ergebnis geführt, daß der durch spezifische, thermostabile Serumstoffe bedingten Phagocytose bei der erworbenen Immunität gegenüber gewissen Krankheitserregern die ausschlaggebende Rolle, gegenüber einer Reihe von anderen Bakterien dagegen eine wichtige Rolle neben der bakteriziden Wirkung der Körpersäfte zukommt.

Dabei sind wir zu der Ansicht gekommen, daß in diesen letzteren Fällen die Phagocytose, obwohl sie gleichzeitig mit der Bakteriolyse vorkommt, dennoch nicht durch die bakteriolytischen Ambozeptoren, sondern durch spezifische Antikörper eigener Art, die wir als Bakteriotropine bezeichnen, bedingt wird. Das gleiche ergab sich bei den gegen Blutkörperchen fremder Spezies gerichteten Antikörpern; auch hier konnten wir die Verschiedenheit der cytotropen von den cytolytischen Antistoffen nachweisen.

Im folgenden soll versucht werden, diese Anschauung durch den Nachweis zu ergänzen, daß die Auflösung der aufgenommenen Zellen oder Bakterien innerhalb der Phagocyten ohne Mitwirkung von Komplement vor sich geht, so daß also bei den gesamten, von dem cytotropen oder bakteriotropen Immunserum ausgelösten Phänomenen weder Ambozeptoren noch Komplemente beteiligt sind.

Neben der eigentlichen cytotropen Serumwirkung kann im komplementhaltigen Serum noch eine zweite Art von Phagocytosebeförderung vorkommen, indem durch Zusammenwirken von Ambozeptoren und Komplement zunächst ein bakteriolytischer Prozeß eingeleitet wird, an den sich sekundär eine Phagocytose anschließt (1). Zur Entscheidung über die Frage, ob die Verarbeitung der aufgenommen Zellen oder Bakterien innerhalb der Leukocyten mit Hilfe von Komplement geschieht, kommen natürlich nur Versuche in Betracht, in denen die Phagocytose durch komplementfreies Serum hervorgerufen ist, wo also von außen her kein Komplement in die Leukocyten eingeführt sein kann.

Bevor ich auf das Thema eingehe, möchte ich einige Bemerkungen vorausschicken, welche durch inzwischen erschienene Arbeiten veranlaßt sind.

Rimpau und ich fanden, daß unsere Strepto- und Pneumokokkenimmunsera sowohl im Tierkörper, wie im Reagensglase ausschließlich Phagocytose, aber keine Bakteriolyse hervorriefen. Ich möchte nun einigen späteren Angaben [u. a. von Kruse (2), Reisch (3)], gegenüber bemerken, daß ich bisher in der Literatur keinen Beweis dafür gefunden habe, daß andere Stämme der genannten Bakterien oder andere Immunsera sich hierin anders verhalten, wie die damals von uns untersuchten. Bei gegenteiligen Behauptungen fehlt entweder der Nachweis der maximalen Virulenz der betreffenden Stämme (wir haben die Wichtigkeit dieses Momentes oft betont), oder es handelt sich um eine Verwechslung von bakteriolytischen mit Agglutinationsphänomenen. Gerade bei Pneumokokken treten in Verbindung mit der Agglutination Quellungserscheinungen auf, die eine beginnende Auflösung vortäuschen können, in Wirklichkeit aber nichts damit zu tun haben (4). Merkwürdigerweise wird aber auch das altbekannte Kettenwachstum der Streptokokken im spezifischen Serum (ein Analogon der Fadenreaktion Pfaundlers) bisweilen noch mit bakterizider Serumwirkung verwechselt. Hiervor sollte schon der Umstand schützen, daß die genannten Phänomene nicht an das Vorhandensein von Komplement gebunden sind.

Die erste Frage, die wir uns über die Natur des phagocytosebefördernden Antikörpers vorlegten, war die, ob er auf Leukocyten, oder auf die Bakterien oder vielleicht auf beide wirkt. Diese Frage war bis dahin noch nicht experimentell entschieden worden.

Wir konnten durch eine unzweideutige Versuchsanordnung, nämlich den Ehrlich-Morgenrothschen Bindungsversuch, zunächst für die Antikörper des Streptokokken- und Pneumokokkenserums, bald darauf auch für das durch Immunisierung mit Blutkörperchen erhaltene Serum zeigen, daß die Immunsubstanzen ausschließlich auf die zugehörigen Bakterien (oder Zellen) und nicht auf die Leukocyten wirken. Hiermit war zum ersten Male die bekannte Theorie Metschnikoffs widerlegt, wonach die Wirkung gewisser Immunsera in einer Stimulierung der Phagocyten bestehen sollte. Diese Widerlegung erscheint mir prinzipiell wichtig, erstens weil es sich um eine von der französischen Schule jahrelang verteidigte Hypothese handelt und zweitens weil der von uns zum ersten Mal geführte Nachweis, daß die phagocytosebefördernde Substanz der Immunsera ausschließlich zu den Bakterien Verwandtschaft hat, eine Brücke zwischen den Grundgedanken der Ehrlichschen Anschauungen und der bis dahin in Deutschland nahezu allgemein abgelehnten Phagocytentheorie bildet.

Ich hatte geglaubt, daß dieser Punkt bereits genügend klargestellt sei; aus einigen neueren einschlägigen Arbeiten, z. B. dem jüngst erschienenen Artikel von Beitzke (5) ersehe ich jedoch, daß die wiederholten entgegengesetzten Darstellungen einiger Anhänger Wrights nicht ohne Einfluß geblieben sind.

Diesen Darstellungen zufolge soll die Stimulintheorie von Wright und Douglas durch folgenden Versuch widerlegt worden sein, der einige Zeit vor unserer ersten Mitteilung veröffentlicht, mir jedoch nicht bekannt geworden war. Wright und Douglas (6) fanden, daß Staphylokokken von (menschlichen) Leukocyten lebhaft aufgenommen wurden, sobald frisches Normalserum (von Menschen) hinzugefügt wurde; dagegen blieb die Phagocytose viel geringer, wenn das Serum vorher auf 55—60^0

erhitzt worden war, und ebenso wenn es einige Tage gestanden hatte. Nun brachten Wright und Douglas in das frische Normalserum nur die Kokken hinein; nachdem das Gemisch einige Zeit gestanden hatte, wurde es auf 60° erhitzt und jetzt erst die Leukocyten zugefügt. Bei dieser Versuchsanordnung trat reichliche Phagocytose ein. Hieraus geht hervor, daß der thermolabile Stoff, auf welchem bei einem derartigen Versuche die Phagocytose beruht, auf die Bakterien wirkt. Ob daneben noch etwa eine direkte Einwirkung auf die Leukocyten stattfindet, bleibt, wie die Autoren selbst zugeben, unentschieden.

Wenn man aber hiervon auch absehen wollte, so hat der ganze Versuch mit der Stimulintheorie Metschnikoffs nicht das geringte zu tun; denn bei den Metschnikoffschen „Stimulinen" handelt es sich erstens um Stoffe des Immunserums, nicht des Normalserums, und zweitens um thermostabile Stoffe, auf welche also schon ihrer Hitzebeständigkeit wegen die Versuchsanordnung von Wright und Douglas überhaupt nicht anwendbar wäre.

Die Grundlagen der Stimulintheorie bilden die 1892 veröffentlichten Untersuchungen Metschnikoffs (7) über die aktive und passive Immunisierung von Kaninchen gegen Hogcholerabakterien. Metschnikoff gewann von immunisierten Kaninchen ein Serum, welches andere Kaninchen gegen die Infektion schützte; dieses Immunserum besaß weder antitoxische noch bakterizide Eigenschaften, noch ließ es, wie eingehende Versuche ergaben, irgend eine sonstige direkte Einwirkung auf die Bakterien, etwa eine Virulenzabschwächung derselben erkennen; dagegen hatte es eine stark gesteigerte Phagocytose zur Folge. Hieraus folgerte Metschnikoff: „Ce n'est donc le microbe qui est modifié par l'action du sérum préventif, mais bien l'organisme traité . . . le sérum préventif, dans l'exemple du hog-choléra du lapin, agit en stimulant les phagocytes". In der Tat sind diese Untersuchungen sehr bedeutungsvoll, denn sie lehren, daß es neben der antitoxischen und bakteriziden noch eine dritte Art von Immunität geben muß. Die gleiche Theorie ist dann von Metschnikoff und seinen Schülern für zahlreiche andere Bakterienarten, so noch 1904 von Besredka ausführlich für Streptokokken begründet worden, und allgemein unter dem Namen der Stimulintheorie bekannt.

In späteren Arbeiten hat Metschnikoff auch bei andern nicht spezifischen Vorgängen von einer „Stimulierung" der Phagocyten gesprochen, und zwar bei Vorgängen, die von den deutschen Autoren meist als Resistenzerscheinungen bezeichnet werden. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Versuch von Wassermann (8), in welchem ein Meerschweinchen durch Einspritzung von 3 ccm normalen Kaninchenserums gegen die gleichzeitige intraperitoneale Injektion der 40fach tödlichen Dosis einer virulenten Typhuskultur geschützt wurde; diesen Schutz führt Metschnikoff auf die Stimulinwirkung des Normalserums zurück. Man könnte darum denken, daß wenigstens diese Annahme durch das von Wright und Douglas mit normalem Serum ausgeführte Experiment widerlegt würde; dies ist jedoch nicht der Fall, denn auch hier wird die Schutzwirkung durch erhitztes Serum bewirkt und Metschnikoff zieht hieraus ausdrücklich den Schluß, daß auch die stimulierende Wirkung des Normalserums bei 60° erhalten bleibt.

Soweit mir bekannt ist, hat überhaupt niemand dem frischen Serum im Gegensatz zum erhitzten eine Stimulinwirkung zugeschrieben; ich wüßte daher nicht, wessen Theorie durch den Erhitzungsversuch von Wright und Douglas widerlegt sein sollte.

Nun haben aber inzwischen Versuche, die unabhängig voneinander an drei verschiedenen Stellen, nämlich von Muir und Martin (10), von Levaditi, Inmann und Kößler (11, 12) sowie von Hüne und mir (13) mit dem gleichen Resultat ausgeführt worden sind, die von vornherein sehr wahrscheinliche Annahme bestätigt, daß die phagocytosebefördernden Stoffe von Wright und Douglas nichts anderes sind, als Normalambozeptoren und Komplemente. Durch diese wird offenbar in vielen Fällen, ohne daß es zu einer vollständigen Abtötung der Bakterien kommt, die Phagocytose ausgelöst. Hiernach haben also Wright und Douglas gar keine neuen Stoffe vor sich gehabt und ihr viel zitiertes Experiment beweist nur, was niemand bezweifelt hat, daß nämlich das Komplement des Serums auf die Bakterien und nicht auf die Leukocyten wirkt[1]).

Bereits in unserer ersten Mitteilung haben Rimpau und ich folgende Frage aufgeworfen: hat der bakteriotrope Antikörper nur die Funktion, die Aufnahme des Bakteriums in den Leukocyten zu vermitteln oder ist er, im Verein mit einem im Innern des Phagocyten supponierten Komplement, auch an der Verdauung des Bakteriums beteiligt? Im ersteren Falle würde es sich um einen Immunkörper eigener Art, im letzteren um einen den bekannten Ambozeptoren wenigstens nahestehenden handeln, welcher nur sein ergänzendes Komplement im Leukocyten anstatt im freien Serum fände. Dann sollte man aber annehmen, daß sich das (hypothetische) Komplement auf irgend einem Wege aus den Leukocyten extrahieren lassen müßte; dies gelang uns bei unsern Versuchen mit Strepto- und Pneumokokken jedoch auf keine Weise. Ich kann hier hinzufügen, daß auch einige später von mir gemachte Versuche völlig negativ ausgefallen sind.

Wenn hierdurch auch die Annahme bereits sehr wahrscheinlich gemacht wurde, daß wir einen neuartigen Antikörper, nicht einen vom Typus der Ambozeptoren vor uns hatten, so habe ich es dennoch für ratsam gehalten, diese Frage so lange offen zu lassen, bis die in Gemeinschaft mit Töpfer (14) gemachten Untersuchungen über Hämotropin mit Bestimmtheit das Vorhandensein eines mit dem Hämolysin nicht identischen Antikörpers ergaben, den wir nunmehr berechtigt waren, mit einem eigenen Namen als bakteriotrope bezw. cytotrope Substanz zu bezeichnen[2]).

---

[1]) Hüne und ich haben in der erwähnten Mitteilung schon betont, daß unserer Ansicht nach im übrigen das Interesse an der von Wright und Douglas, Gruber und Futaki, Löhlein u. a. studierten Phagocytosebeförderung durch frisches, komplementhaltiges Serum dadurch nicht beeinträchtigt wird, wenn diese Erscheinung nicht auf neue, sondern auf altbekannte Stoffe zurückgeführt wird.

[2]) Bei der Fülle von neuen Bezeichnungen, die in der Immunitätslehre in den letzten Jahren aufgetaucht sind, halte ich es für geboten, für einen Immunstoff erst dann einen neuen Namen vorzuschlagen, wenn man triftige Beweise dafür beibringen kann, daß es sich wirklich um einen neuartigen Stoff handelt. Kürzlich sind Muir und Martin (27) durch eingehende Untersuchungen, die die Befunde von Hüne und wir bestätigen, ebenfalls zu dem Schlusse gekommen, daß Tropine und Opsonine zwei völlig verschiedenen Klassen von Antikörpern angehören. Es darf wohl erwartet werden, daß nunmehr auch die englischen Autoren aufhören werden, die Tropine ferner als Opsonine zu bezeichnen, was dauernd zu Mißverständnissen Anlaß gegeben hat.

Durch die von mir in Gemeinschaft mit Hüne und mit Bickel, sowie durch die von Barrat (15) und von Hectoen (16) veröffentlichten Arbeiten ist diese Auffassung weiterhin bestätigt worden.

Ich glaubte nun, die eingangs aufgeworfene Frage in Angriff nehmen zu sollen, ob die Vernichtung von Bakterien und Zellen im Innern von Phagocyten unter Mitwirkung von Komplement vor sich geht. Diese Frage schließt sich unmittelbar an die vorher erörterte an: identifiziert man die bakteriotropen Stoffe mit den lytischen Ambozeptoren, so muß man folgerichtig annehmen, daß sie im Innern des Leukocyten ein passendes Komplement verankern, und daß durch das Zusammenwirken beider Körper die Auflösung der aufgenommenen Elemente in derselben Weise wie sonst im Serum vor sich geht. Läßt sich dagegen nachweisen, daß im Innern der Phagocyten kein Komplement in Tätigkeit tritt, so fällt hiermit eigentlich schon jeder Grund fort, die Tropine als Amboceptoren anzusehen; denn hierunter verstehen wir ja Körper, welche die Funktion haben, ein Bakterium oder eine Zelle der Einwirkung von Komplement zugänglich zu machen.

Die Beziehungen der Leukocyten zum Komplement sind schon der Gegenstand sehr zahlreicher Untersuchungen gewesen. Hierbei wurden in der Regel zwei Fragen unterschieden, 1) ob die Leukocyten Komplement sezernieren (Buchners Annahme), 2) ob sie beim Zugrundegehen innerhalb oder außerhalb des Tierkörpers das in ihnen enthaltene Komplement in das Serum übergehen lassen (Metschnikoffs Hypothese).

Die von mir oben gestellte Frage, ob bei den verdauungsartigen Vorgängen, die wir innerhalb der lebenden Leukocyten beobachten, Komplement beteiligt ist, deckt sich hiermit nicht vollkommen; denn man muß mit der Möglichkeit rechnen, daß in der lebenden Zelle Stoffe wirksam sind, die von ihr weder abgesondert noch beim Absterben abgegeben werden.

Bekanntlich existiert über die Frage nach der Herkunft des Komplements eine sehr große Literatur; es liegen aber darüber ausgezeichnete zusammenfassende Darstellungen vor, die zum Teil aus neuester Zeit stammen, so daß ich hier darauf verweisen darf. Es kommen u. a. die einschlägigen Stellen in den Monographien von Metschnikoff, Friedberger und M. Hahn in Kolle-Wassermanns Handbuch, die wiederholten Artikel von Metschnikoff und von Sachs in Lubarsch-Ostertags „Ergebnissen", sowie die Verhandlungen auf dem Brüsseler Hygiene-Kongreß (1903) in Betracht. Bei den letzteren wurden von mehreren Seiten als Beweis für den Komplementgehalt der Leukocyten die Versuche Wassermanns angeführt, wonach Injektionen von Leukocyten die Bildung von „Antikomplementen" auslösen sollen. Nachdem Gay, Moreschi u. a. nachgewiesen haben, daß die Injektion von Körpereiweiß jeder Art zur Entstehung komplementbindender Antikörper führt, können die erwähnten Versuche natürlich nicht mehr in diesem Sinne gedeutet werden.

Ich möchte ferner darauf hinweisen, daß ein großer Teil insbesondere der älteren Arbeiten für unser Thema keine Beweiskraft hat, nämlich alle diejenigen Untersuchungen, die sich mit dem Nachweis einer bakteriziden Wirkung der von den Leukocyten abgegebenen Stoffe begnügen, ohne sicher zu stellen, daß diese Stoffe erstens thermolabil und zweitens imstande sind einen Immunkörper zu komplettieren.

Wir wissen jetzt, daß sowohl im Serum als auch in Organextrakten bakterizide Stoffe nicht komplexer Natur enthalten sein können.

Seitdem man diesen Gesichtspunkt in den Vordergrund gestellt hat, hat sich immer deutlicher ergeben, daß sich zwar bakterizide Stoffe aus den Leukocyten extrahieren lassen, daß dieselben sich aber von denen des Serums meist schon durch ihre Thermostabilität, ferner dadurch unterscheiden lassen, daß sie ihre Wirkung oft gerade auf solche Bakterienarten äußern, denen gegenüber das Serum desselben Tieres unwirksam ist. Anderseits wurde bei den Extrakten in der Regel eine Einwirkung auf Cholerabazillen vermißt, während diese bekanntlich von Serum der meisten Versuchstiere sehr energisch abgetötet werden. Insbesondere sind in dieser Hinsicht die Versuche von Petterson (17) und von Ascher (18) lehrreich.

Weit besser jedoch als an Bakterien läßt sich die Frage nach den Beziehungen des Komplements zu den Leukocyten an Blutkörperchen studieren. Darüber, ob die Leukocyten hämolytisches Komplement sezernieren, liegen bereits Untersuchungen von Gruber und von Hoke vor. Gruber (19) brachte im Reagensglase sensibilisierte Blutkörperchen mit Leukocyten, die in Kochsalzlösung oder inaktivem Serum aufgeschwemmt waren, zusammen und studierte nach dem Vorgang Savtchenkos die hierbei eintretende Phagocytose. Er stellte fest, daß bei dieser Versuchsanordnung die extrazellulär gelegenen Blutkörperchen keine Hämolyse erkennen ließen. Hoke (20) versetzte einige ccm frisches Kaninchenserum mit Leukocyten, die er aus der Brusthöhle desselben Tieres, von dem das Serum stammte, durch Aleuronatinjektion erhalten hatte, ließ das Gemisch ½ Stunde bei 37 ⁰ stehen, und zentrifugierte die Zellen ab. Nun prüfte er die überstehende Flüssigkeit auf ihre hämolytische Kraft gegenüber Meerschweinchenblut, indem er zum Vergleich das frische, unbehandelte Kaninchenserum heranzog. Es ergab sich, daß die hämolytische Wirkung des Serums durch die Behandlung mit Leukocyten nicht zu-, sondern abgenommen hatte, und weitere Versuche lehrten, daß diese Abnahme auf Verringerung des Komplementgehaltes beruhte. Die Leukocyten hatten also nicht nur kein hämolytisches Komplement sezerniert, sondern sogar einen Teil des im Serum vorhandenen absorbiert.

Auch ich habe ähnliche Versuche, wie Gruber und Hoke mit durchaus dem gleichen Ergebnisse angestellt.

Ich versetzte Hammelblutkörperchen mit einem Ambozeptor, der durch Meerschweinchenkomplement glatt komplettiert wurde, und brachte sie mit gewaschenen Leukocyten zusammen, die entweder in Kochsalzlösung oder im inaktiviertem Serum desselben Meerschweinchens, von dem die Leukocyten stammten, aufgeschwemmt wurden. Ich habe solche Versuche vielfach wiederholt und wechselnde Mengen, bis zu 1,0 einer dicken Leukocytenaufschwemmung mit sensibilisierten Hammelblutkörperchen versetzt: ich habe nach zweistündigem bis 24 stündigem Stehen niemals eine Hämolyse beobachtet.

Nun vergegenwärtige man sich die quantitativen Verhältnisse. Durch ungefähre Zählung fand ich bei einem derartigen Versuch, daß in 1,0 der Leukocytenaufschwemmung annähernd ebenso viel Leukocyten enthalten waren, wie in 10 ccm Blut. 10 ccm Blut des gleichen Meerschweinchens, von dem die Leukocyten stammten,

enthielten aber ungefähr 1000 komplett lösende Komplementdosen für 1 ccm der Aufschwemmung von sensibilisierten Blutkörperchen; die lösende Serumdosis lag nämlich unter 0,01. Die vorhandenen Leukocyten hätten also imstande sein sollen, einen ungeheuren Überschuß von Komplement abzugeben.

Ein weiterer Versuch ergab in Bestätigung der Angabe von Hoke eine Hemmung der Hämolyse durch Leukocyten. Es wurde ein Hämolyseversuch (Hammelblut — spezifischer Ambozeptor von Kaninchen — Meerschweinchenserum) mit zahlreichen Abstufungen von Ambozeptor und Komplementmengen in doppelter Reihe angestellt, einmal in der gewöhnlichen Weise und daneben in einer Reihe von Röhrchen, die außerdem je 0,5 einer Aufschwemmung von Meerschweinchenleukocyten erhielten. In den mit Leukocyten versetzten Röhrchen war die Hämolyse erheblich verzögert.

Ein anderer Versuch, in welchem ich das Komplement nach Hokes Vorgang mit Leukocyten vermischte und diese nach zweistündigem Stehen bei 37° abzentrifugierte, ergab ebenfalls eine, wenn auch nur recht geringe Verminderung des Komplements. Auch in Hokes Versuchen absorbierten die Leukocyten relativ wenig Komplement, Verreibungen von Milz und Knochenmark dagegen weit mehr. Die Tatsache, daß Organzellen verschiedener Art Komplement binden können, ist bekanntlich schon von v. Dungern gefunden worden.

Nach den angeführten Versuchen scheint es mir unmöglich, anzunehmen, daß die Leukocyten nennenswerte Mengen von Komplement sezernieren, oder daß gar alles im Serum vorhandene Komplement durch Sekretion der Leukocyten entstanden sein soll. Wir wissen jetzt, daß unter derartigen Versuchsbedingungen die Leukocyten ihre Vitalität lange bewahren, indem sie fremde Zellen ganz in derselben Weise, wie im Tierkörper fressen und verdauen; es ist daher als wahrscheinlich anzunehmen, daß auch eine etwaige Sekretion von Komplement im Reagensglase nachweisbar sein müßte.

Von weit größerer prinzipieller Wichtigkeit ist jedoch in vieler Hinsicht, wie die meisten Autoren mit Recht betonen, die zweite der oben erwähnten Fragen. Bestände Buchners Hypothese, wonach das Komplement ein Sekretionsprodukt der Leukocyten ist, zu Recht, so würden dadurch die „humoralen“ Theorien der Immunität nicht erschüttert werden, denn auch sie nehmen natürlich an, daß alle Serumstoffe in letzter Linie von irgend welchen Zellen herstammen.

Die Metschnikoffsche Anschauung, wonach die Leukocyten erst beim Absterben ihr Komplement abgeben sollen, trifft dagegen den Kernpunkt der „humoralen“ Theorien, im besondern der Immunitätslehre Pfeiffers. Wie bekannt, behauptet Metschnikoff, daß das zirkulierende Blut und die Gewebsflüssigkeiten des lebenden Tieres kein Komplement enthalten. Das Komplement soll während des Lebens ausschließlich in den Leukocyten vorhanden sein und nur gelegentlich da, wo infolge besonderer Eingriffe Leukocyten zugrunde gehen, in die Körpersäfte gelangen. Die natürliche Bestimmung des Komplements soll es eben sein, innerhalb der Leukocyten die Verdauung der von diesen aufgenommenen Bakterien und körperfremden Zellen zu bewirken. Ebenso, wie der Pfeiffersche Versuch nur durch „Phagolyse“ zu Stande kommen soll, soll nach Metschnikoffs Lehre auch die bakterizide Fähigkeit des bei

der Gerinnung des Blutes sich abscheidenden Serums ausschließlich daher rühren, daß eine Anzahl von Leukocyten zugrunde gegangen sind und ihr Komplement an das Serum abgegeben haben.

Diese viel umkämpfte Hypothese Metschnikoffs läßt sich nun unter Bedingungen, wie sie exakter gar nicht zu wünschen sind, einer Prüfung an Blutkörperchen unterziehen.

Die bisherigen Versuche, aus den Leukocyten hämolytisches Komplement zu extrahieren, haben zu negativen Ergebnissen geführt; Landsteiner (21) und Lambotte und Stiennon (22) fanden, daß solche Extrakte im Gegensatz zu dem Blutserum und der Exsudatflüssigkeit desselben Tieres nicht imstande waren, inaktiviertes hämolytisches Serum zu komplettieren.

Mit Recht sehen die Autoren hierin einen gewichtigen Beweis gegen Metschnikoffs Ansicht. Wenn man sich jedoch die weitere Frage stellt, ob innerhalb der lebenden Leukocyten Komplementwirkungen stattfinden, so kann man sich nicht mit der Untersuchung von Zellextrakten begnügen, da man niemals sicher ist, daß die in der lebenden Zelle vorhandenen Stoffe in den Extrakt übergehen. Umgekehrt aber darf man wohl, wenn man nachweist, daß die lebende Zelle gar kein Komplement enthält, den Schluß ziehen, daß sie keins abgeben kann.

Man kann nun in sehr einfacher Weise prüfen, ob und wieviel hämolytisches Komplement in den lebenden Leukocyten enthalten ist.

Zu diesem Zweck brauche ich nur z. B. Hammelblutkörperchen durch ein inaktiviertes spezifisches Antiserum, von dem ich weiß, daß es sowohl Hämolyse als Phagocytose bewirkt, zu sensibilisieren und sie einerseits mit Meerschweinchenleukocyten, anderseits mit frischem Meerschweinchenserum zusammenzubringen; auch hier verwende ich Serum und Leukocyten desselben Tieres. Für die Deutung des Experimentes ist es völlig belanglos, ob man sich meiner Anschauung anschließt, wonach die Phagocytose durch einen anderen Antikörper wie die Hämolyse hervorgerufen wird, oder ob man an der älteren Anschauung festhält und beide Phänomene auf die gleiche Ursache zurückführt. In jedem Falle sind die Blutkörperchen, mit denen ich meinen Versuch anstelle, sowohl zur Phagocytose als auch zur Hämolyse präpariert.

Nun finde ich folgendes. Ich versetze 1,0 einer 5%igen Aufschwemmung der sensibilierten Hammelblutkörperchen (also entsprechend 0,05 reinem Blut) mit 0,05 Meerschweinchenserum und beobachte, daß die Blutkörperchen schon bei Zimmertemperatur innerhalb der ersten zwei oder drei Minuten annähernd vollständig aufgelöst werden. Nun soll das Komplement, auf dem diese Wirkung beruht, nach Metschnikoff ursprünglich nicht in der Blutflüssigkeit vorhanden gewesen, sondern ausschließlich aus den bei der Gerinnung zugrunde gegangenen Leukocyten stammen. Wir können daher ausrechnen, wieviel Komplement ein Meerschweinchenleukocyt enthalten haben müßte; wie wir sogleich sehen werden, genügt eine ganz ungefähre Berechnung für unsern Zweck vollkommen, und dieselbe gestaltet sich äußerst einfach.

Das Verhältnis der weißen zu den roten Blutkörperchen wird, um eine Durchschnittszahl zu nehmen, etwa auf 1 : 400 bis 1 : 500 geschätzt; also sind in 0,05

Meerschweinchenserum (unserer Komplementdosis) etwa 4—500 mal weniger Leukocyten enthalten gewesen, als in der Blutkörperchendosis, die wir der Hämolyse unterworfen (0,05 Blut in 1,0 Kochsalzlösung), Erythrocyten vorhanden sind. Stammt also alles Komplement aus den Leukocyten, so muß jeder Leukocyt mindestens soviel davon enthalten, daß er 4—500 ambozeptorbeladene Blutkörperchen binnen wenigen Minuten, noch dazu bei Zimmertemperatur, auflösen kann. In Wirklichkeit müßte die Zahl weit größer sein; denn natürlich wird niemand behaupten, daß bei der Gerinnung alle Leukocyten zugrunde gehen. Nehmen wir an, es ginge die Hälfte zugrunde[1]), und ziehen wir die Lehre Metschnikoffs in Rechnung, daß das hämolytische Komplement (die „Makrocytose") nicht in allen Leukocyten, sondern nur in den mononukleären, die höchstens 10 % der Gesamtmenge ausmachen, enthalten sein soll, so ergibt sich, daß ein Makrophag so viel Komplement enthalten müßte, um 8000 bis 10000 sensibilisierte Blutkörperchen fast momentan aufzulösen.

Es ist sehr leicht, die Probe auf dieses Exempel zu machen. Wir brauchen dazu nur dieselben sensibilisierten Blutkörperchen mit den Leukocyten desselben Meerschweinchens, dem das Komplement entstammt, zusammenzubringen und die Mischung einige Zeit bei 37° zu halten. Entnehmen wir Proben davon und beobachten sie im hängenden Tropfen, so sehen wir zahlreiche Leukocyten, welche teils ein oder zwei Blutkörperchen, teils eine ganze Anzahl davon aufgenommen haben.

Was geschieht nun im Innern der Leukocyten mit den (ambozeptorbeladenen!) Blutkörperchen? Ich habe sehr zahlreiche derartige Präparate kürzere oder längere Zeit, zum Teil auch im geheizten Objekttisch, sorgfältig beobachtet und habe nicht ein einziges Mal gesehen, daß die Blutkörperchen im Innern eines Phagocyten so schnell aufgelöst worden wären, daß sie sich binnen weniger Minuten in Schatten verwandelt hätten. In Wirklicheit geht die Verdauung außerordentlich langsam vor sich, so daß man den größten Teil der aufgenommenen Zellen noch nach einigen Stunden gut erhalten findet. Dabei lassen sich Blutschatten im Innern von Leukocyten im ungefärbten Präparat gut mikroskopisch wahrnehmen. Man erhält solche Bilder, wie in der Arbeit von Neufeld und Bickel (23) beschrieben ist, wenn die Leukocyten Blutkörperchen aufnehmen, die vorher im komplementhaltigen Serum hämolysiert worden sind. Man kann auch im Innern von Phagocyten eine rapide Umwandlung der wohlerhaltenen Blutkörperchen im Schatten auf folgende Weise künstlich herbeiführen. Man macht einen gewöhnlichen Phagocytoseversuch mit inaktivem hämotropem Serum, und entnimmt ein Präparat, in welchem die Phagocyten mit zahlreichen, gut erhaltenen Blutkörperchen erfüllt erscheinen. Nun setzt man vom Rande des Deckglases her ein Tröpfchen Sapotoxinlösung zu: sofort verwandeln sich auch die im Innern der Leukocyten befindlichen Blutkörperchen in Schatten. Solche Bilder

---

[1]) In Wirklichkeit ist es wohl nicht erwiesen, daß überhaupt Leukocyten während der Gerinnung zugrunde gehen. Diese Hypothese ist von Alexander Schmidt aufgestellt worden, der Monographie von Morawitz (Chemie der Blutgerinnung in Ascher-Spiros „Ergebnissen der Physiologie" 1905 Bd. 4, S. 417) zufolge neigt sich die Mehrzahl der Physiologen jetzt der Ansicht zu, daß bei der Blutgerinnung kein Zerfall der Leukocyten stattfindet.

müßte man bei dem gewöhnlichen Phagocytoseversuch sehen, wenn die Leukocyten auch nur die geringsten Mengen von Komplement enthielten!

Nun könnte man den Einwurf machen, die Beobachtungen träfen nur für den Reagensglasversuch, aber nicht für die Vorgänge im Tierkörper zu. Solche Einwände sind gegen die nach der Denysschen Methode im Reagensglase angestellten Versuche öfters, jedoch zu Unrecht erhoben worden; vielmehr hat sich bisher in allen wichtigen Punkten eine absolute Übereinstimmung des bakteriotropen Reagensglasversuches mit den Vorgängen im Tierkörper ergeben. In diesem Falle kann ich mich zum Beweise dafür, daß die intrazelluläre Verdauung der Blutkörperchen im Tierkörper dem oben geschilderten Verhalten bei den Reagensglasversuchen völlig entspricht, auf Metschnikoffs Angaben berufen. Hiernach findet man auch beim Tierversuch nach Ablauf von Stunden und sogar nach mehreren Tagen noch völlig erhaltene Blutkörperchen innerhalb der Phagocyten.

Betrachtet man aber neben dem zeitlichen Verlauf die Details der intrazellulären Auflösung von Blutkörperchen, so sieht man, daß sowohl bei Versuchen in vitro wie im Tierkörper in der Regel innerhalb der Phagocyten gar keine eigentliche Schattenbildung zustande kommt, sondern (z. B. bei Hammelblutkörperchen) eine Verklumpung und Degeneration mit Bildung hämoglobingefärbter Schollen; die Bilder erinnern bisweilen an diejenigen, die man erhält, wenn man Blutkörperchen höheren Temperaturen aussetzt.

Hectoen (24) schildert das Schicksal der im Reagensglasversuch von Phagocyten aufgenommenen Blutkörperchen ähnlich. Er sagt: Laking in the ordinary sense does not occur, but after some time the intraleucocytic corpuscles may swell up or coalesce.

Noch weit deutlicher kann man an kernhaltigen Blutkörperchen sehen, daß die extrazelluläre und intrazelluläre Auflösung absolut verschieden verlaufen. Den besten Beweis hierfür liefern die ausgezeichneten Abbildungen und die ausführliche Beschreibung, die Metschnikoff (25) nach Beobachtungen im Tierkörper von dem Schicksal der Gänseblutkörperchen innerhalb von Meerschweinchenmakrophagen gegeben hat, ohne freilich selbst die obige Schlußfolgerung daraus zu ziehen. Metschnikoff unterscheidet zwei Typen der Blutkörperchenverdauung: bei dem ersten, häufigeren Typus nehmen die Kerne zunächst Hämoglobin auf, dann wird die ganze Blutzelle, einschließlich der Membran und des Kernes langsam resorbiert, wobei lange Zeit braune Schollen und Klumpen übrig bleiben; bei dem zweiten Typus wird zuerst der Kern gelöst, das ovale Blutkörperchen zeigt homogene Hämoglobinfärbung und wird in diesen Fällen besonders langsam, oft erst innerhalb mehrerer Tage aufgelöst. Jedenfalls hat keine der beiden Arten von Erythrocytenauflösung, wegen deren Einzelheiten ich auf die ausführliche Beschreibung des Originals verweise, mit der gewöhnlichen Hämolyse auch nur die geringste Ähnlichkeit. In Figur 20 der beigegebenen Tafel sieht man als Gegensatz dazu einige Blutkörperchen, die zuerst im freien Serum gelöst und dann als Schatten sekundär phagocytiert worden sind.

Auch aus der Beschreibung von Gruber (19) geht hervor, daß sich die intrazelluläre Verarbeitung der Erythrocyten von der Auflösung im Serum durch die

Langsamkeit des Prozesses, durch die Bildung von Hämoglobinschollen sowie dadurch, daß auch der Kern mit verdaut wird, absolut unterscheidet.

Schließlich möchte ich noch erwähnen, daß Grubers Schüler Ruzicka (19) eine Art von „Kontakttötung" von Blutkörperchen durch Leukocyten beschrieben hat. Hierbei werden die Blutkörperchen von Leukocyten umklammert und schrumpfen immer mehr zusammen, bis sie völlig verschwinden; bis zuletzt behalten sie jedoch ihr Hämoglobin. Auch ich habe an Hühnerblutscheiben sehr typische Bilder dieser Art beobachtet.

Hiernach sind die intrazelluläre und die extrazelluläre Auflösung von Blutkörperchen zwei völlig voneinander verschiedene Vorgänge; die erstere, die mehr einer Verdauung ähnlich sieht, ist höchst wahrscheinlich an die vitale Tätigkeit der Zelle geknüpft und verläuft zweifellos ohne Beteiligung von Komplement. Nach Metschnikoff verlaufen ferner alle intrazellulären Verdauungsvorgänge bei saurer Reaktion; auch das ist ein prinzipieller Unterschied von den lytischen Vorgängen im Serum.

Auf Grund der Beobachtungen an Blutkörperchen kommen wir daher zu dem Schlusse, daß die Leukocyten Komplement weder sezernieren, noch bei der Gerinnung an das Serum abgeben, und daß sie überhaupt kein wirksames Komplement enthalten.

Ein anderes Beispiel für die völlige Verschiedenheit der cytotoxischen Vorgänge von den phagocytären bietet die Resorption der Spermatozoen. Wenn man einmal die grundsätzliche Verschiedenheit aller der Tropinimmunität zugehörigen Immunitätsvorgänge von denjenigen der Lysinimmunität klar erkannt hat, so ist es leicht, hierfür aus den älteren Arbeiten Belege beizubringen. Bei Tieren, die mit Spermatozoen vorbehandelt sind, sehen wir sowohl eine Abtötung im freien Serum als in den Phagocyten eintreten. Hier sind die Unterschiede zwischen dem Ergebnis der beiden Prozesse aber noch stärker als bei den Blutkörperchen. Dae spermotoxische Serum bringt nämlich durch Zusammenwirken von Ambozeptor und Komplement im wesentlichen nur eine Immobilisierung der Spermatozoen zustande, im übrigen bleibt die Samenzelle fast unverändert. Werden die Spermatozoen dagegen von Phagocyten aufgenommen, so werden sie im Innern derselben restlos aufgelöst. Ich darf hierfür wieder auf die Darstellung und die ausgezeichneten Abbildungen verweisen, die Metschnikoff (25) hierüber gegeben hat.

Ebenso wie die Resorption von Zellen liefert uns auch die Auflösung von Mikroorganismen genügend Beweise für die qualitative Verschiedenheit der Leistungen des Serums und der Leukocyten.

Ich habe bereits oben an das Schicksal der Streptokokken und Pneumokokken im immunen Organismus und im bakteriotropen Reagensglasversuch erinnert. Wir können uns leicht davon überzeugen, daß diese für das Serum gleichsam gänzlich „unverdaulichen" Mikroorganismen von den Leukocyten nicht nur reichlich aufgenommen, sondern auch ziemlich schnell verarbeitet werden; wir haben festgestellt, daß sowohl im Reagensglase als im Tierkörper innerhalb 1—2 Stunden, auch da, wo die Phagocyten mit Kokken vollgestopft sind, ein erheblicher Teil derselben voll-

kommen aufgelöst wird. Auf unsere Versuche trifft jedenfalls der Einwand nicht zu, den Pfeiffer (26) den Anhängern der Phagocytenlehre macht, daß dieselben nämlich immer schon zufrieden seien, wenn sie nur die Aufnahme der Bakterien in die Zellen konstatiert hätten, daß sie sich aber um das weitere Schicksal der inkorporierten Bakterien nicht kümmerten.

Da, wie schon hervorgehoben wurde, die für virulente Streptokokken und Pneumokokken bakterizide Substanz sich aus den Leukocyten nicht extrahieren läßt, so darf man wohl auch hier annehmen, daß es sich bei der intrazellulären Auflösung der Mikroorganismen um eine vitale Leistung der Zelle handelt.

Ein weiteres Beispiel dafür, daß den Leukocyten bakterienauflösende Kräfte zukommen, die dem Serum fehlen, bieten die Paratyphusbazillen. Diese werden bekanntlich von Immunserum bei Zusatz von beliebigem Komplement nicht abgetötet oder nachweisbar geschädigt, innerhalb der Leukocyten dagegen ziemlich schnell, zum Teil unter typischer Granulabildung aufgelöst (Neufeld und Hüne) (10).

Ich glaube nun, daß man auch bei den Choleravibrionen, die ja sowohl im freien Serum als auch innerhalb der Leukocyten zugrunde gehen, abgesehen von anderen Differenzen, einen Unterschied in der Hinsicht feststellen kann, daß die Vibrionen durch die Wirkung von Ambozeptor und Komplement zwar schnell in Granula verwandelt werden, daß dann aber der Prozeß zum Stillstand kommt. Im Reagensglase habe ich, auch wenn ich Überschuß von Komplement zusetzte, niemals eine schnelle Auflösung der Granula beobachten können.

Dem gegenüber habe ich mich in vielfachen, gemeinsam mit Herrn Stabsarzt Hüne ausgeführten Phagocytoseversuchen davon überzeugt, daß die von Leukocyten im Reagensglase aufgenommenen Vibrionen zum größten Teile in kurzer Zeit völlig aufgelöst werden. Man kann das leicht feststellen, wenn man bei derartigen Reagensglasversuchen alle 10—15 Minuten gefärbte Präparate anfertigt und miteinander vergleicht; die Leukocyten können erstaunlich große Mengen von Vibrionen verarbeiten, ohne daß Reste davon übrig bleiben.

Auch im Tierkörper sieht man bekanntlich beim Pfeifferschen Versuch eine rapide Umwandlung der Vibrionen in Granula, dann aber einen Stillstand des Prozesses. Die Frage, was schließlich im Tierkörper aus den Granula wird, ist bekanntlich schon eingehend diskutiert worden. Metschnikoff glaubt, daß sie von den Leukocyten aufgenommen und endgültig aufgelöst werden. Pfeiffer (28) gibt an, daß man zwar in hängenden Tropfen, die man auf der Höhe der Bakteriolyse aus dem Meerschweinchenperitoneum entnimmt, keine über die Bildung von Granula hinausgehende Auflösungserscheinungen verfolgen kann, dagegen sei in sukzessive aus der Bauchhöhle entnommenen und intensiv gefärbten Präparaten eine langsam erfolgende völlige Auflösung der Granula zu erkennen, die wegen der schlechten Färbbarkeit dieser Stadien der Beobachtung leicht entgehe.

Wenn man diese Darstellung akzeptiert, so fehlt immerhin der Beweis, daß es sich bei diesen Vorgängen noch um eine Wirkung von Ambozeptor und Komplement handelt und in jedem Falle bleibt die Tatsache bestehen, daß die Umwandlung der Vibrionen in Granula oft ganz rapid geschieht, daß aber diese dann lange Zeit bestehen

bleiben und durch Zusatz von weiterem Komplement nicht zu beeinflussen sind, was doch der Fall sein sollte, wenn der im hängenden Tropfen zu beobachtende Stillstand der Auflösung auf Komplementmangel beruhen würde. Im Gegensatz dazu sieht man die Vibrionenauflösung innerhalb der Phagocyten kontinuierlich bis zum völligen Verschwinden der Bazillen fortschreiten.

Ebenso werden auch z. B. Typhusbazillen in den Leukocyten, wie Hüne und ich beobachtet haben, restlos aufgelöst, und es dürfte leicht sein, diese Beispiele zu vermehren.

Es liegt somit die Annahme sehr nahe, daß die bakteriolytische Wirkung von Ambozeptor und Komplement mit der Granulabildung in derselben Weise ihren Abschluß erreicht, wie die Hämolysinwirkung mit dem Austritt des Hämoglobins aus den Blutscheiben. Granula und Stromata würden dann auf eine Stufe zu stellen sein, eine Analogie, die schon Gruber gelegentlich hervorhob, indem er von „Bakterienschatten“ als Produkten der Bakteriolyse sprach.

Daß bei den Spirochaeten der überwiegende Teil des Zelleibes nach der Abtötung im Immunserum als „Schatten“ zurückbleibt, haben v. Prowazek und ich noch kürzlich hervorgehoben; dabei stellten wir fest, daß der Vorgang trotzdem ein völliges Analogon der spezifischen Bakteriolyse ist, indem er auf Zusammenwirken von Ambozeptor und Komplement beruht.

Hiernach möchte ich glauben, daß eine vollkommene, restlose Auflösung von Bakterien oder von körperfremden Zellen durch die Wirkung von lytischem Ambozeptor und Komplement bisher überhaupt nicht sicher erwiesen ist, während eine solche innerhalb der Phagocyten in vielen Fällen zustande kommt.

Die Beobachtungen, welche darauf hindeuten, daß die Schattenbildung das regelmäßige Endergebnis der Lysinwirkungen ist, scheinen mir vor allem deswegen von Interesse zu sein, weil sie eine weitere Verschiedenheit der extrazellulären von den intrazellulären Auflösungsvorgängen ergeben haben; hierin sehe ich eine wichtige Stütze für die von mir vertretene Auffassung einer grundsätzlichen Trennung der phagocytären von der lytischen Immunität.

Literatur.

1. Neufeld, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 27, S. 414.
2. Kruse, Diskussion in der freien Ver. für Mikrobiologie 1906.
3. Reisch, zit. nach Sauerbeck, „Neue Immunitätstheorien“. Lubarsch-Ostertags „Ergebnisse der allg. Pathol. usw.“ 1907.
4. Neufeld, Die Agglutination der Pneumokokken. Zeitschr. für Hyg., Bd. 40, 1902.
5. Beitzke, Berl. klin. Wochenschr. 1907, Nr. 26.
6. Wright und Douglas, Proc. roy. Soc., Bd. 72. S. 357, 1903. Ref. Zentralbl. für Bakteriol., Bd. 35, S. 377, 1904.
7. Metschnikoff, Immunité des lapins vaccinés contre le hog-choléra. Annales Pasteur 1892, S. 289.
8. Wassermann, Deutsche med. Wochenschr. 1901, S. 4.
9. Metschnikoff, Immunität bei Infektionskrankeiten. Deutsche Ausgabe, S. 256.
10. Muir und Martin, British med. Journ. Dezember 1906.
11. Levaditi und Inmann, Compt. rend. soc. biol. März 1907.

12. Levaditi und Kößler, Compt. rend. soc. biol. März 1907.
13. Neufeld und Hüne, Arb. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. 25, Heft 1, 1907.
14. Neufeld und Töpfer, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 38, S. 456, 1905.
15. Barrat, Proc. roy. soc. 1905, Bd. 76, 524.
16. Hectoen, Journal of inf. diseases 1906, III, 434.
17. Petterson, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 39, S. 423 und 613.
18. Ascher, ebenda Bd. 32, S. 453.
19. Gruber, Wiener klin. Wochenschr. 1903. Vortrag auf dem Brüsseler Hygiene-Kongreß.
20. Hoke, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 34, S. 692, 1903.
21. Landsteiner, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 25, S. 548.
22. Lambotte und Stiennon, ebenda Bd. 40, S. 224, 393, 503.
23. Neufeld und Bickel, Arb. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte 1907.
24. Hectoen, Journal of infect. diseases. 1906, III, 721.
25. Metschnikoff, Résorption des cellules. Ann. Pasteur 1899.
26. Pfeiffer, Diskussion in der freien Ver. für Mikrobiologie 1906.
27. Muir und Martin, Proc. roy. soc. Bd. 79, 187, 1907.
28. Pfeiffer, Vortrag auf dem Brüsseler Hygiene-Kongreß.

Beobachtungen über die endemische Lues in Bosnien.

Von

Dr. Richard Gonder (Rovigno),
Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Während das regelmäßige Vorkommen der Spirochaeta pallida in den frischen Fällen von Syphilis (sowohl bei primärer und sekundärer, sowie bei angeborener Lues) nicht mehr bestritten werden kann, ist es in den Spätformen (bei tertiärer Lues) noch nicht sicher gestellt. In der Literatur finden sich neben zahlreichen negativen Befunden nur wenige positive Angaben über das Vorkommen der Spirochaeten bei den Spätformen der Syphilis. Auch die in letzter Zeit vielfach angestellten Versuche mit tertiärer Syphilis an Affen fielen teils positiv, teils negativ aus, sodaß es noch weiterer genauer Untersuchungen zur Aufklärung dieser wichtigen Frage bedarf. Für die Diagnostik und für den Versuch ist die Spirochaeta pallida von großer Bedeutung geworden, und sie wird auch, wenn Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Spirochaeten genauer erforscht sein werden, vielleicht noch Aufschluß geben können über die viel umstrittene Frage der Übertragbarkeit und Vererbung von tertiärer (tardiver) Lues.

Im folgenden soll über die Ergebnisse von Untersuchungen berichtet werden, die Anfang November vorigen Jahres in Bosnien angestellt wurden aus Anlaß aufklärender Studien über das Vorkommen von Spirochaeta pallida bei der in jenen Gegenden endemischen Lues. Die Bearbeitung und die mikroskopische Durchmusterung der Präparate wurden in Rovigno ausgeführt. An dieser Stelle gestatte ich mir, dem Landessanitätsreferenten von Bosnien und der Herzegowina, Herrn Regierungsrat Dr. Kobler, sowie dem Direktor des Bosnisch-Herzegowinischen Landesspitals in Sarajewo, Herrn Sanitätsrat Dr. Glück und seinem Assistenten, Herrn Dr. Teufel, meinen verbindlichsten Dank auszudrücken für ihre Unterstützung bei Beschaffung von Material.

Einige Bemerkungen über die in Bosnien herrschende Syphilis seien kurz vorausgeschickt. Vielfach war früher die Meinung verbreitet, daß eine in manchen Balkanländern mit dem Namen „'skrljevo", in Bosnien mit dem Namen „Frenjak" bezeichnete, ansteckende Krankheit eine besondere, vielleicht durch klimatische Verhältnisse des Landes oder durch die Rasse seiner Bewohner bedingte Syphilisform sei.

Nach den Ausführungen von Glück, einem seit vielen Jahren in Bosnien lebenden und mit den Sitten und Gewohnheiten des Volkes vertrauten Dermatologen,

welcher auf das eingehendste über die volkstümliche Benennungsweise der Syphilis und anderer Krankheiten, über die Verbreitung und das Alter der Syphilis in Bosnien und der Herzegowina berichtet hat, ist 'skrljevo nichts anderes als ein Sammelname für viele schwere Hautkrankheiten, darunter auch für die Syphilis.

Was diese nun betrifft, so erfuhr sie in Bosnien und der Herzegowina bis zur Okkupation durch die Österreicher niemals eine richtige Behandlung und gewann eine rasche Verbreitung, welche durch die eigenartigen Gewohnheiten des Volkes und hauptsächlich durch die religiösen Gebräuche der Mohammedaner noch begünstigt wurde. Die Syphilis in Bosnien unterscheidet sich von jener der mittel- und westeuropäischen Staaten vielfach dadurch, daß sie das Nervensystem nur in wenigen Fällen angreift und sich meist auf Haut und Knochen beschränkt. Auch geht die Heilung ziemlich rasch und gut von statten. Man könnte dies dadurch erklären, daß bei der allgemeinen Verbreitung der Syphilis durch Generationen hindurch das Virus an Stärke immer mehr verloren, oder daß das Volk eine gewisse Immunität erlangt hat. Damit könnte auch das herdweise Auftreten der Syphilis in vielen Gegenden und ihr Wiederverschwinden erklärt werden. War einmal ein Dorf verseucht, ein Herd entstanden, so verschwand nach vielen Jahren in diesem Dorfe die Syphilis wieder. Während des Verschwindens bildeten sich aber rings um diesen ersten Herd neue. Dementsprechend gibt es Gegenden, die in früheren Zeiten Syphilis nicht gekannt hatten, aber heute ganz verseucht sind, anderseits gibt es Gegenden, die heute frei von Syphilis sind, aber in früheren Zeiten verseucht waren. Die Ansteckung erfolgt mehr auf außergeschlechtlichem Wege als durch den geschlechtlichen Verkehr, und meist infizieren sich schon die Kinder beim Essen, Küssen und dergl. Seit der Besetzung von Bosnien und der Herzegowina durch Österreich wird die Syphilis in allen Teilen dieser Länder mit großem Erfolge von der Regierung bekämpft; daher nimmt die Zahl der Erkrankungen von Jahr zu Jahr immer beträchtlicher ab.

Bei der Untersuchung kam es darauf an, nachzuweisen, ob bei den schweren tardiven Formen der Syphilis Spirochaeta pallida vorkommt. Von ihrem Vorhandensein oder Fehlen könnten dann Schlüsse auf den Verlauf der Krankheit oder, wie schon vorher angedeutet worden ist, Folgerungen hinsichtlich der Ansteckungsfähigkeit und Vererbbarkeit gezogen werden. Von einer genaueren mikroskopischen Untersuchung am lebenden Objekt mußte aus Zeitmangel Abstand genommen werden. Das frische Material von den meisten tardiven Fällen wurde nur kurz vor Herstellung der Präparate mikroskopisch, aber stets mit negativem Erfolg durchmustert.

Das Material stammte meist von Kranken, die bisher nicht in Behandlung gestanden hatten [1]). Die Präparate wurden in folgender Weise hergestellt: Das Geschwür oder die Krankheitsstelle wurde mit Alkohol und Äther gewaschen. War eine Kruste vorhanden, so wurde sie abgetragen. Häufig wurden auch, ohne daß zuvor mit Alkohol und Äther gewaschen war, gleich Klatschpräparate angefertigt. Aus der Tiefe und vom Rande des erkrankten Gewebes wurden mit Nadel oder Messer Gewebsteilchen hervorgeholt und auf Deckgläschen dünn ausgestrichen, die Ausstrich-

---

[1]) Viele Kranke standen einen Tag in Behandlung, was jedoch für die Untersuchung ohne Belang sein dürfte.

präparate, nachdem sie trocken waren, in absolutem Alkohol, Methylalkohol oder in einem Gemisch von Alkohol und Äther fixiert und nach Giemsa mit Alkalizusatz gefärbt. Auch wurden vom Rande der Geschwüre mit scharfem Löffel oder Schere Stückchen fortgenommen und diese als ein Ganzes in absolutem Alkohol, Sublimatalkohol oder in Osmiumgemischen aufbewahrt. Vor der Fixierung wurden mit dem exzidierten Material in der Weise, wie oben beschrieben wurde, dünne Ausstrichpräparate angefertigt. Das exzidierte Material wurde eingebettet, geschnitten und nach Volpino und Bertarelli in Silbernitratlösung oder auch in Giemsascher Lösung gefärbt. Vier Fälle von frischer Syphilis wurden als Kontrollmaterial für die untersuchten Fälle in derselben Weise, wie es beschrieben wurde, bearbeitet. Es sei bemerkt, daß die mit frischer Syphilis behafteten Kranken auch aus Gegenden Bosniens stammten, in denen die Syphilis endemisch ist.

Frische Syphilis[1]).

Nr. 1. St. J., 26 Jahre alt. Oedema indurativum labii majoris; condylomata lata ad labia majora, minora et ad anum; exanthema maculosum cutis trunci et extremitatum, polyadenitis; angina specifica.

Eine erodierte Papel des rechten großen Labium wurde mit Alkohol und Äther gewaschen. Mittels eines Messers wurden von der äußeren Schicht der Papel durch Schaben Gewebsteilchen entnommen und ausgestrichen. In allen Präparaten fanden sich Spirochaeta pallida und Spirochaeta refringens in großen Mengen.

Nr. 2. G. B., 38 Jahre alt. Sclerosis initialis ad raphem scroti; exanthema maculopapulosum cutis trunci et extremitatum; papulae seborrhoicae capillitii et faciei; polyadenitis, angina specifica.

Nach Waschen der Sklerose mit Alkohol und Äther wurde die Außenschicht mit einem Messer abgetragen und zu Klatschpräparaten verwendet. Von einer Brustpapel, die ebenso gereinigt war, wurden mit einem Messer Gewebsteilchen entnommen und ausgestrichen. In allen Präparaten der Initialsklerose fanden sich viele Spirochaeten (pallida), in denen der Brustpapel selten, oft vereinzelt in den mit Blut stark versetzten Präparaten.

Nr. 3. Lj. V., 10 Jahre alt. Condylomata lata ad labia oris, tonsillas, uvulam, inter digitos IV et V pedis sinistri, hypertrophia ad labia maiora, minora et ad anum. Lichen syphiliticus cutis trunci et extremitatum.

Nach Abwaschen einer Pustel der Brust wurde mit einem Messer die Pustel geöffnet; von der Pustelflüssigkeit wurden Ausstriche angefertigt. Von einem Knötchen der Brust, einer erodierten Papel eines Labium und einer geschlossenen Papel der Leistengegend wurden in derselben Weise wie bei Nr. 1 und 2 Klatsch- und Ausstrichpräparate hergestellt, in Alkohol oder in Osmiumdämpfen fixiert und nach Giemsa gefärbt. In den Präparaten der Papeln fanden sich große Mengen von Spirochaeta pallida, in den übrigen, die sehr stark mit Blut versetzt waren, waren die Spirochaeten nur äußerst selten.

---

[1]) Die Diagnosen verdanke ich mit Ausnahme von Nr. 9 und Nr. 10 Herrn Landessanitätsrat Dr. Glück.

Nr. 4. T. J., 26 Jahre alt. Condylomata lata ad labium superius oris, tonsillas, uvulam et genitale; psoriasis palmaris, exanthema papulo-squamosum cutis trunci et extremitatum; polyadenitis, angina specifica.

Von einem breiten Condylom der Genitalien und einer Hautpapel wurden wie oben Klatschpräparate und Ausstriche angefertigt. In allen Präparaten fand sich Spirochaeta pallida. In den Klatschpräparaten vom Condylom fand sich auch häufig Spirochaeta refringens.

Spirochaeta pallida konnte also in jedem der untersuchten frischen Syphilisfälle in der Initialsklerose, in erodierten, geschlossenen und sonstigen Papeln nachgewiesen werden.

Tardive Syphilis.

Nr. 5. S. Sk., 21 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis abdominis, regionis glutealis et trochanteris dextri.

Die Kruste eines Brustgeschwürs wurde nach Waschung mit Alkohol und Äther mit einem Messer abgetragen. Mittels einer Nadel wurden aus der Tiefe und vom Rande des Geschwürs Gewebsteilchen hervorgeholt und ausgestrichen, die Präparate in Alkohol oder Osmiumdämpfen fixiert und nach Giemsa gefärbt. In 10 auf diese Weise angefertigten Präparaten konnten trotz genauer und wiederholter Durchmusterung keinerlei Spirochaeten nachgewiesen werden.

Nr. 6. R. N., 9 Jahre alt. Syphilis tardiva. Gumma exulcerans pharyngis.

Von der Oberfläche des Geschwürs und aus der Tiefe wurden mit einer Nadel Gewebsteilchen entnommen und ausgestrichen, wie oben fixiert und gefärbt. Aufs sorgfältigste wurden auch hier 12 Präparate wiederholt mikroskopisch auf Spirochaeta pallida untersucht, jedoch mit negativem Ergebnis.

Nr. 7. M. H., 25 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis penis et scroti, condylomata lata ad tonsillam dextram, polyadenitis, angina specifica.

Von dem Penisgeschwür und einem Brustgeschwür wurden Klatsch- und Ausstrichpräparate angefertigt. Kranke Gewebsteilchen wurden von der Oberfläche, vom Rande und aus der Tiefe der Geschwüre entnommen. Trotz wiederholter, stundenlanger mikroskopischer Durchmusterung von etwa 24 Präparaten konnten keine Spirochaeten nachgewiesen werden.

Nr. 8. R. S., 22 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis scroti, cicatrix circularis cutis penis, polyadenitis universalis indolens.

Auch dieser Fall wurde, wie Nr. 7, mit großer Sorgfalt auf das Vorkommen von Spirochaeten untersucht, ohne daß solche gefunden werden konnten.

Nr. 9. Y., 50 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa faciei, Gumma exulcerans faciei.

Von einem Geschwür wurden wie oben Klatsch- und Ausstrichpräparate hergestellt. Außerdem wurden mit einem scharfen Löffel vom Rande in der Weise Teile fortgenommen, daß gesundes und krankes Gewebe in einem Stück enthalten war. In 25 auf das genaueste wiederholt durchmusterten Präparaten fanden sich keine Spirochaeten.

Nr. 10. A. K., 55 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis dorsi. Gumma exulcerans faciei, gumma pharyngis.

Vom Rande des Gumma pharyngis wurden mit einem scharfen Löffel Teilchen entfernt und ausgestrichen oder als ganzes konserviert und geschnitten, nach Giemsa und nach Volpino und Bertarelli gefärbt. In 28 Präparaten wurde auch hier keine Spirochaeta pallida nachgewiesen. Auf die Durchmusterung eines Präparates wurden durchschnittlich 1 bis $1^1/_2$ Stunden verwandt.

Nr. 11. D. S., 12 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa regionis glutealis dextrae, tophus tibiae dextrae; gonitis dextra, gumma pharyngis, cicatrices post gummata.

Vom Rande eines Geschwürs wurden mit einer Schere größere Stücke abgeschnitten und mit diesen Ausstriche hergestellt, die in Osmiumdampf oder in Alkohol fixiert wurden. Das in absolutem Alkohol oder in Sublimatalkohol oder Hermannscher Lösung fixierte, abgeschnittene Material wurde nach Volpino und Bertarelli, oder nach Giemsa gefärbt. Der Spirochaetenbefund war negativ in allen 28 untersuchten Präparaten trotz wiederholter Durchmusterung.

Nr. 12. S. K., Alter unbekannt. Syphilis tardiva. Gumma regionis malleoli externi.

Mittels einer Spritze wurde Gewebssaft aus einem geschlossenen Gumma angesogen und ausgestrichen. In sechs auf diese Weise hergestellten Präparaten fanden sich keine Spirochaeten. Auf jedes Präparat wurden bei der Durchmusterung etwa 2 Stunden verwandt.

Nr. 13. H. M., 50 Jahre alt. Syphilis tardiva. Gummata multiplicia faciei, cicatrices post gummata pallati mollis.

Vom Rande und aus der Tiefe eines Gumma wurden mit Nadeln Gewebsteilchen entnommen und Ausstrichpräparate hergestellt. 10 untersuchte Präparate enthielten keine Spirochaeten.

Nr. 14. K. S., 18 Jahre alt. Syphilis tardiva. Gumma exulcerans cruris dextri.

Vom Rande des Geschwürs wurden größere Stücke mit einer Schere abgeschnitten, in Alkohol oder Osmiumgemischen fixiert, geschnitten und nach Volpino und Bertarelli gefärbt. In 30 auf das sorgfältigste durchmusterten Präparaten waren keine Spirochaeten nachzuweisen.

Doutrelepont und Gronoen haben in 4, Tomasczewski in 5 Fällen, ferner Hoffmann und Feldmann, sowie Blaschko in einzelnen Fällen von tertiärer Syphilis Spirochaeta pallida nachweisen können. Sie fanden indes die Spirochaeten niemals in großen Mengen, sondern stets vereinzelt und oft nur nach langem Durchsuchen der Präparate. Meinerseits konnte, wie oben erwähnt worden ist, in den 10 Fällen von tardiver Syphilis die Spirochaeta pallida trotz sorgfältigster, wiederholter Durchmusterung der Präparate nicht nachgewiesen werden. Auch Dr. Teufel, Assistent am Landesspital in Sarajevo, der während geraumer Zeit tardive Lues auf das Vorkommen von Spirochaeta pallida untersucht hatte, konnte, wie er mir versicherte, bisher noch in keinem Fall Spirochaeten nachweisen, während ihm ihr Nachweis bei frischer Syphilis fast ausnahmslos gelang.

Der Umstand, daß bei tardiver Lues so selten Spirochaeta pallida bisher nachgewiesen ist, beweist natürlich nichts gegen die Auffassung, daß die Spirochaeta

pallida der Erreger der Syphilis ist. Es wäre möglich, daß bei tardiver Lues Entwicklungsstadien der Spirochaete vorkommen, die noch unbekannt sind. Anderseits könnten — und diese Annahme erscheint mir annehmbarer — nach dem Absterben der Parasiten die durch ihre Lebenstätigkeit entstandenen Toxine noch lange im menschlichen Körper verweilen und die schweren Spätformen hervorrufen. Das Fehlen der Spirochaeta pallida bei der tardiven Lues von Bosnien war mir übrigens schon von vornherein wahrscheinlich geworden durch Angaben dortiger, mit den Krankheitsverhältnissen des Landes gut vertrauter Ärzte. Es sind nämlich angeborene Lues und Abortus auf syphilitischer Grundlage in diesen mit endemischer Lues verseuchten Gegenden verhältnismäßig selten. Daher herrscht unter den dortigen Ärzten vielfach die Ansicht, daß die tardive Lues in Bosnien in den meisten Fällen nicht mehr übertragbar und nicht vererbbar ist.

Rovigno, Februar 1907.

Literaturverzeichnis.

1. Bertarelli und Volpino, Untersuchungen über Spirochaeta pallida Schaudinn bei Syphilis. Zentralbl. f. Bakteriol. usw. I. Abt. Orig.-Bd. XL, Heft 1.

2. Dieselben, Weitere Untersuchungen über die Gegenwart von Spirochaeta pallida Schaudinn bei primärer, sekundärer und tertiärer Syphilis. Zentralbl. f. Bakteriol. usw. I. Abt. Orig.-Bd. XLI, Heft 1.

3. Bertarelli, Spirochaeta pallida und Osteochondritis. Zentralbl. f. Bakteriol. usw. I. Abt. Orig.-Bd. XLI, Heft 6.

4. Blaschko, Über Spirochaetenbefunde im syphilitisch erkrankten Gewebe. Med. Klinik Nr. 13, 1906.

5. Doutrelepont und Gronoen, Über den Nachweis von Spirochaeta pallida in tertiär-syphilitischen Produkten. Deutsch. med. Wochenschr. Nr. 23, 1906.

6. Finger, Untersuchungen über Syphilis an Affen. Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien. Math. naturw. Kl. Bd. 114, Abt. III, 1905.

7. Glück, Beiträge zur Kenntnis der Syphilis in Bosnien und der Herzegowina. Wien. med. Presse 1888.

8. Derselbe, Über das Alter, den Ursprung und die Benennung der Syphilis in Bosnien und der Herzegowina. Arch. f. Dermat. und Syph. Bd. XXI, 1889.

9. Derselbe, Die Syphilis und ihre Bekämpfung in Bosnien und der Herzegowina. Ber. d. internat. Syphilis-Konf. in Brüssel. Bd. II, 1899.

10. Hoffmann, E., Über die Spirochaeta pallida. Deutsche med. Wochenschr. 1905, Nr. 43.

11. Derselbe, Über die diagnostische Bedeutung der Spirochaeta pallida. Berl. klin. Wochenschr. Nr. 44, 1906.

12. Derselbe, Mitteilungen und Demonstrat. über experim. Syphilis, Spirochaeta pallida und andere Spirochaetenarten. Zentralbl. f. Bakteriol. usw. I. Abt. Ref. Bd. XXXVIII. 1906.

13. Derselbe, Die Ätiologie der Syphilis nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse. Verh. der deutsch. dermatol. Gesellsch. IX. Kongr. 1907.

14. Krzysztalowicz et Siedlecki, Contribution à l'étude de la structure et du cycle évolutif de Spirochaeta pallida Schaudinn. Bull. de l'Acad. des sciences de Cracovie. 1905.

15. Schaudinn und Hoffmann, Vorläufiger Bericht über das Vorkommen von Spirochaeten in syphilitischen Krankheitsprodukten und bei Papillomen.

16. Dieselben, Zur Kenntnis der Spirochaeta pallida. Deutsche med. Wochenschr. Nr. 42, 1905.

17. Tomasczewski, Über den Nachweis der Spirochaeta pallida bei tertiärer Syphilis. Münch. med. Wochenschr. Nr. 27, 1906.

Der Ratinbazillus als Rattenvertilgungsmittel.

Von

Dr. Xylander,

Königlich Sächsischem Oberarzt im 11. Inf.-Regt. Nr. 139, kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Wiederholt sind Versuche angestellt worden, ein zuverlässiges Vertilgungsmittel für die Ratten zu finden. Besondere Aufmerksamkeit widmete man diesen Tieren, als in ihnen die gefährlichen Überträger der Pest erkannt wurden. So ist seinerzeit in Deutschland die Rattenvertilgungsfrage der Pestgefahr wegen für so wichtig gehalten worden, daß von seiten des Reichs-Gesundheitsrates eine eigne Kommission gewählt wurde, die mit der Ausfindigmachung eines wirksamen Verfahrens zur Vertilgung der Ratten sich beschäftigten sollte.

Auch andere Länder widmeten sich dieser Frage, so Frankreich, England, Amerika und besonders Dänemark. In letzterem Staate wurde in diesem Jahre ein Gesetz erlassen, nach welchem Vereinen, die sich mit der Rattenvertilgung befassen, eine staatliche Beihilfe gewährt wird.

Neben anderen Mitteln wie Phosphorlatwerge, Meerzwiebel, Claytongas, Frettchen wurden in neuester Zeit Bakterien — bacillus Danyß, Dunbar, Issatschenko — zur Rattenvertilgung verwendet.

Die praktischen Versuche mit dem bacillus Danyß[1]) ergaben ein verhältnismäßig günstiges Resultat, indem an 50 % der Versuchsorte eine fast völlige Vernichtung, an 30 % eine Verminderung und nur an 20 % ein negatives Resultat erzielt wurde.

Versuche von Bronstein[2]), Kister und Köttgen[3]), Abel[4]), Markl[5]), Klein und Williams[6]), Krauß[7]) und Rosenau[8]), bestätigten teils die Brauchbarkeit des Bakteriums als Rattenvertilgungsmittel, teils zeigten sie ein ungünstiges Resultat.

---

[1]) Danyß, Un microbe pathogène pour les rats et son application à la destruction de ces animaux. Annales de l'institut Pasteur 1900 p. 193.

[2]) Bronstein, Zur Frage der Rattenvertilgung mittels des Danyßbazillus. Deutsche med. Wochenschrift 1901, S. 577.

[3]) Kister und Köttgen, Über die von Danyß gefundenen, für Ratten pathogenen Bazillen. Deutsche med. Wochenschrift 1901, S. 18.

[4]) Abel, Versuche über die Verwendbarkeit des bacillus Danyß zur Vertilgung von Ratten. Deutsche med. Wochenschrift 1901, S. 869.

[5]) Markl, Über die Bedeutung des Danyßschen Bazillus bei der Rattenvertilgung. Zentralblatt für Bakt. und Parasitkd. Bd. XXXI Nr. 5.

[6]) Klein und Williams, Experiments with the Danyß Rat Bazillus. Lancet vol. 2 p. 440.

[7]) Krauß, Erfahrungen über den bacillus Danyß. Deutsche med. Wochenschrift 1901 Nr. 22.

[8]) Rosenau, Ref. im Archiv für Tierheilkunde 1901.

Die Laboratoriumsversuche mit einem von Issatschenko[1]) bei einer spontan eingegangenen Ratte gefundenen Bazillus ergaben in fast 100 % ein positives Resultat.

Bei den in großem Maßstabe mit ebendiesem Bazillus in Rußland angestellten Versuchen wurde an 70 % der Versuchsorte ein günstiges Resultat erzielt.

Über Laboratoriumsversuche mit einem von Dunbar bei einer unter seinen Versuchsratten aufgetretenen Epizootie gefundenen Erreger berichtet Trautmann[2]). Nach seinen Versuchsergebnissen gelang es 45 bis 50 % der zu diesem Versuche verwandten grauen Ratten zu vernichten.

In neuester Zeit wird zur Vertilgung von wilden Ratten ein Bakterienpräparat in den Handel gebracht, welches den von G. Neumann[3]) in Aalborg aus dem Harn eines zweijährigen, an einer Cystitis leidenden, Kindes gezüchteten „Ratinbazillus" enthält.

Dieses Präparat „Ratin" wird im bakteriologischen Laboratorium der Ratingesellschaft zu Kopenhagen und im bakteriologischen Institut der Landwirtschaftskammer zu Halle a. S. hergestellt.

Ratin kommt in verlöteten Blechbüchsen von ca. 200 ccm Inhalt in den Handel. Der Inhalt der Büchse besteht dem äußeren Aussehen nach anscheinend aus Brotkrume, welche mit Ratinbouillonkulturen getränkt ist.

Die chemische Untersuchung ergibt eine stärkehaltige Substanz, Albumosen und einen geringen Prozentsatz Fett.

Aus allen zu den Fütterungsversuchen benutzten Büchsen ließen sich Ratinreinkulturen züchten.

Kulturelles und biologisches Verhalten des Ratinbazillus.

In dem vom Inhalt der Büchsen und von einer daraus gezüchteten Reinkultur verfertigten Ausstrichpräparat lassen sich typhusähnliche Stäbchen nachweisen. Sie sind mit den gebräuchlichen Anilinfarben gut darstellbar; die Färbung nach Gram gelingt nicht.

Der Erreger ist lebhaft beweglich; bei Benutzung der Geißelfärbung sieht man an ihm eine Anzahl peritricher Geißelfäden. Sporenbildung wurde nicht beobachtet.

Auf gewöhnlichem Fleischwasseragar wächst das Stäbchen als zarte, feine, weißliche, durchsichtige Kolonie.

Gelatine wird nicht verflüssigt, sie läßt ein weißliches, feuchtes Wachstum der Kolonien erkennen.

Bouillon wird gleichmäßig getrübt, in derselben bildet sich nach Verlauf einiger Tage ein Häutchen, das nach längerem Stehen im Brutschrank zu Boden sinkt.

---

[1]) Issatschenko, Über einen neuen für Ratten pathogenen Bazillus. Zentralblatt für Bakt. und Parasitkde. Bd. XXIII, XXXI.

[2]) Trautmann, Bakterien der Paratyphusgruppe als Rattenschädlinge und Rattenvertilger. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheit. Bd. 54, S. 104.

[3]) Bahr, Zentralblatt für Bakt. und Parasit. Bd. XXXIX, S. 203.

Milch wird nicht zur Gerinnung gebracht; es wird in ihr nach mehrtägigem Wachstum stark Alkali gebildet, mit der Zeit wird sie gelblich und fast durchsichtig.

Auf Lackmusmilchzuckeragar wächst der Bazillus, ohne den Nährboden zu verändern, ähnlich dem Typhusbazillus, jedoch sind seine Kolonien etwas durchsichtiger und saftiger.

Lackmusmolke wird innerhalb 24 Stunden stark gerötet. Vom dritten Wachstumtage an nimmt die Molke unter zunehmender Trübung einen bläulichen Ton an, bis sie unter Klärung nach 4 bis 5 Tagen intensiv veilchenblau geworden ist. Am dritten bis vierten Tage bildet sich auf der Oberfläche eine Kahmhaut, die bald zu Boden sinkt.

Auf der von Löffler angegebenen Malachitgrün-Agarplatte, modifiziert nach Lentz und Tietz[1]) wächst das Stäbchen in zarten Kolonien unter Entfärbung des Nährbodens.

Die von Löffler angegebene Malachitgrünlösung wird nach 12 bis 18 Stunden getrübt und entfärbt.

Die zur Verwendung gelangte Löfflersche Grünlösung ist folgendermaßen zusammengesetzt:

2 % Pepton Witte = 20 ccm einer 10 %igen Lösung,
1 % Nutrose = 10 ccm einer 10 %igen Lösung,
5 % Milchzucker = 20 ccm einer 25 %igen Lösung.

Dazu 50 ccm destilliertes Wasser und 1,5 Normalkalilauge. Das ganze wird ½ Stunde gekocht und zur heißen Lösung 5 ccm einer 2 %igen Malachitgrünlösung (Höchst 120 mit Dextrinzusatz) zugesetzt.

In Traubenzuckeragar erfolgt Vergärung und Gasbildung.

Bouillon mit Zusatz von Glukose, Maltose, Arabinose, Xylose und Dulcit wird vergoren, dagegen mit einem solchen von Laktose, Saccharose und Adonit nicht.

In Neutralrotagar erfolgt Gasbildung und Fluoreszenz.

Indolbildung konnte nicht beobachtet werden.

Das eigentümliche Verhalten des Ratinbazillus gegenüber den Nährböden, welche mit Lackmus und Malachitgrün hergestellt waren, legte die Vermutung nahe, daß derselbe in enger Beziehung zu einer der beiden Gruppen der sogenannten Fleischvergifter — Gärtner- und Paratyphus B-gruppe — stehe. Es wurden daher Versuche angestellt, vermittels der Agglutination die Zugehörigkeit des Ratinbazillus zu einer der beiden oben erwähnten Gruppen festzustellen. Diese Versuche wurden mit Seris angestellt, welche einen Agglutinationstiter von ungefähr 1 : 2000 hatten.

---

[1]) a) Lentz und Tietz, Eine Anreicherungsmethode für Typhus- und Paratyphusbazillen. Münchener med. Wochenschrift 1903, S. 2139. b) Lentz und Tietz, Weitere Mitteilungen über die Anreicherungsmethode für Typhus- und Paratyphusbazillen mittels einer Vorkultur auf Malachitgrünagar. Klinisches Jahrbuch 1905, S 495. c) Löffler, Ein neues Verfahren zum kulturellen Nachweis der Typhusbazillen in Fäces, Wasser, Erde. Deutsche med. Wochenschrift Nr. 36, Vereinsbeilage.

Bei den Agglutinationsversuchen wurde stets die von Kolle vorgeschlagene makroskopische Methode angewandt.

Folgende Sera standen mir zu diesen Untersuchungen zur Verfügung:

1. B. enterit. Gärtner Kaninchen-Antiserum Tab. I.
2. B. Ratin. Kaninchen-Antiserum Tab. II.
3. B. enterit. Gärtner (Drigalski). Kaninchen-Antiserum Tab. III.
4. B. Danyß. Kaninchen-Antiserum Tab. IV.
5. B. Dunbar. Kaninchen-Antiserum Tab. V.
6. B. paratyph. B. Kaninchen-Antiserum Tab. VI.
7. B. febris gastricae Kaninchen-Antiserum Tab. VII.
8. B. paratyph. B. Greifswald. Kaninchen-Antiserum Tab. VIII.
9. B. suipestifer. Esel-Antiserum Tab. IX.
10. B. typhi. Esel-Antiserum Tab. X.
11. B. paratyphi A. Kaninchen-Antiserum Tab. XI.
12. Mäusetyphus Kaninchen-Antiserum Tab. XIa.

Der größte Teil dieser vorgenannten Sera wurde mir von Direktor Dr. Uhlenhuth zur Verfügung gestellt[1]), während Serum 2, 4, 5, 6 und 11 von mir in der Weise hergestellt wurden, daß Kaninchen intravenös mit den entsprechenden Bakterien vorbehandelt wurden; und zwar erhielten dieselben intravenös zunächst eine Öse einer eine halbe Stunde lang auf 65° C erhitzten Agarkultur, nach sechs Tagen eine zweite Einspritzung mit zwei Ösen und nach weiteren sechs Tagen eine nochmalige von vier Ösen. Die meisten Tiere lieferten dann ein hochwertiges agglutinierendes Serum (1 : 50000).

Tabelle I. B. enteritid. Gärtner. Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	†	†	†	0	0	†	0	0	0	†	0	0	0
1 : 200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 1000	†	†	†	††	††	†	†	†	††	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 2000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

†† Überstehende Flüssigkeit klar, flockiger Bodensatz; † trübe flockig; 0 keine Agglutination.

---

[1]) Diese Sera waren für vergleichende Untersuchungen über die Erreger von Fleischvergiftungen von Uhlenhuth hergestellt. — Uhlenhuth, Zur Kenntnis der gastriontestinalen Fleischvergiftungen und ihrer Erreger. v. Leuthold, Gedenkschrift I. Bd.

Tabelle II. B. Ratin Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	†	0	†	†	†	0	†	0	0	0	†	†	0	0	0
1 : 200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 1 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 2 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 5 000	††	†	††	††	†	††	††	††	††	†	†	†	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 20 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 40 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 50 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle III. B. enteritid. Gärtner (Drigalski) Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 400	††	††	††	†	††	††	†	††	†	†	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 1000	†	†	††	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 2000	†	†	††	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle IV. B. Danysz Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	†	0	†	†	0	†	†	0	0	0	†	†	0	0	0
1 : 200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 1 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 2 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 5 000	†	†	††	†	††	†	†	††	††	††	††	†	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 20 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 40 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 50 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle V. B. Dunbar Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Paratyphus A	Typhus	Coli VI	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	†	0	†	†	†	0	†	0	0	0	†	†	0	0	0
1 : 200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 1 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 2 000	††	††	†	†	†	††	††	††	††	†	†	†	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 5 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 20 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 40 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 50 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle VI. B. paratyph. B. Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	†	††	†	††	†	††	†	††	††	0	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle VII. Febris gastrica. Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	†	†	†	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle VIII. Bact. paratyph Greifswald. Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	†	†	†	††	†	†	†	†	††	††	0	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle IX. Schweinepest Esel-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 2 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	††	†	††	†	†	†	††	†	††	†	††	0	0	0	0
1 : 5 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 20 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 50 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle X. Bact. Typhi. Esel-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	††	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	††	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle XI. Bact. paratyphi A. Kaninchen-Antiserum

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1:100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0
1:200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0
1:400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0
1;1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0
1:2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle XIa. Mäusetyphus Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1:100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1:200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	†	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1:400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	††	††	††	††	††	†	†	††	††	0	0	0	0
1:1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1:2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bei diesen Versuchen wurden zum Vergleich eine möglichst große Anzahl der zu beiden Gruppen gehörigen und bei den verschiedensten Epidemien von Fleischvergiftungen — Frankenhausen (v. Ermengem), Moorseele, Gent, Brügge, Airtryk, Rumfleth, Haustedt, Breslau, Düsseldorf, Greifswald, Meirelbeck, Sirault, Neunkirchen — gezüchteten Erregern, und außerdem Stamm Gärtner I (Institut), Gärtner II (Drigalski) Gärtner III (Ges.-Amt), Danyß, Dunbar, Paratyphus B, febris gastrica, Westmann, Lehr, Mäuse-Typhus, Schweinepest, Typhus, Paratyphus A, Coli IV und Coli (Ges.-Amt) herangezogen (siehe Tabelle I bis XI).

Aus den in vorstehenden Tabellen aufgezeichneten Versuchsergebnissen geht ohne Zweifel hervor, daß der Ratinbazillus zur Gärtnergruppe gehört.

Des weiteren ergibt sich eine Bestätigung der seinerzeit von Uhlenhuth[1]),

[1]) Uhlenhuth a. a. O.

Conradi, v. Drigalski und Jürgens[1]), Bruns und Kayser[2]), Korte[3]), Hoffmann[4]), Kayser[5]), Lipschütz[6]), Porcile[7]), Kutscher und Meinicke[8]), Kolle[9]) u. a. gemachten Beobachtung daß durch die Agglutination mittels eines hochwertigen spezifischen Paratyphusimmunserums mit Sicherheit der Paratyphus Typus B vom Typhusbazillus sowie von Paratyphus Typus A zu trennen ist. Die Mitagglutination für Paratyphusbazillen durch künstliches Typhusimmunserum ist im allgemeinen gering.

Mit Hilfe der Agglutination ist ferner das Bakterium Paratyphi B mit Sicherheit, wie auch schon von anderer Seite nachgewiesen[10]), vom bacillus enteritidis Gärtner, nicht jedoch von den zur sogenannten Hogcholeragruppe gehörenden Bakterien, dem Löfflerschen Mäusetyphusbazillus und dem bacillus suipestifer zu trennen.

Weiterhin ergibt sich aus dem in Tabelle II, IV und V verzeichneten Agglutinationsergebnis, daß der bacillus Danyß und bacillus Dunbar sich identisch mit dem Ratinbazillus und den anderen Vertretern der Gärtnergruppe erweisen, was auch Trautmann schon bei seinen Untersuchungen festgestellt hat.

Es wurde nun der Bazillus bezüglich seiner Tierpathogenität geprüft.

Impft man weiße Ratten mit einer $^1/_{100}$ Öse einer 24stündigen Agarkultur intraperitoneal, so gehen dieselben meist nach 24 bis 36 Stunden zugrunde.

---

[1]) Conradi, v. Drigalski und Jürgens, Über eine unter dem Bilde des Typhus verlaufende, durch einen besonderen Erreger bedingte Epidemie. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 42, S. 141.

[2]) Bruns und Kayser, Über die Verwertbarkeit des Agglutinations-Phänomens zur klinischen Diagnose und zur Identifizierung von Bakterien der Typhus-Coligruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 43, S. 401.

[3]) Korte, Ein Beitrag zur Kenntnis des Paratyphus. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 44, S. 241.

[4]) Hoffmann, Zur Frage des Paratyphus mit besonderer Berücksichtigung der bei ihm fehlenden Widalschen Reaktion. Hygienische Rundschau 1902, Nr. 17.

[5]) Kayser, Über den Typus A des Bakterium paratyphi, Typhus-Serumerfahrungen und zur Mischinfektionsfrage. Deutsche med. Wochenschrift 1904, Nr. 49.

[6]) Lipschütz, Über die bakteriologische Diagnose des typhus abdominalis mit Hilfe des v. Drigalski-Conradischen Nährbodens und der Agglutination. Zentralblatt für Bakt. 35, S. 798.

[7]) Porcile, Beitrag zur differential-diagnostischen Unterscheidung der Typhus- und typhusähnlichen Bakterien mit Hilfe der Agglutination. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 50, S. 215.

[8]) Kutscher und Meinicke, Vergleichende Untersuchungen über Paratyphus, Enteritis und Mäusetyphusbakterien und ihre immunisatorischen Beziehungen. Zeitschrift für Hygiene Bd. 52, Seite 301.

[9]) Kolle, Über Paratyphus und den Wert der Immunitätsreaktionen für die Erkennung des Paratyphusbazillus. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 52, S. 287.

[10]) a) Trautmann, Der Bazillus der Düsseldorfer Fleischvergiftung und die verwandten Bakterien der Paratyphusgruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 45, S. 139. b) Fischer, Zur Atiologie der sogenannten Fleischvergiftungen. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 39, S. 447. c) Smidt, Zur Charakterisierung der Hogcholeragruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 38, S. 24. d) Porcile a. a. O. e) Vagedes, Klinisches Jahrbuch 1905, 14. H. 5. f) Böhme, Weiterer Beitrag zur Charakterisierung der Hogcholera-(Paratyphus-)Gruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 52, S. 97. g) Uhlenhuth a. a. O. h) Kolle a. a. O. i) Kutscher und Meinicke a. a. O. k) Bock, Arb. a. d. Kaiserl. Ges.-Amte 1906 Bd. 24, H. 2. l) Trommsdorf, Über Mäusetyphusbazillen und seine Verwandten. Archiv für Hygiene Bd. 55, S. 279. m) Levy und Fornet. Zit. nach Kayser. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasit. Bd. 41. n) Kutscher, Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 56.

Weiße Mäuse gehen schon bei subkutaner Impfung von $^1/_{100}$ Öse nach 12 bis 18 Stunden ein.

Meerschweinchen sterben bei subkutaner Injektion von $^1/_{100}$ Öse Kultur in 12 bis 18 Stunden.

Bei allen Tieren sah man bei der Sektion folgendes Bild:

Das Peritoneum ist meist stark infiziert, bei intraperitonealer Impfung findet man einen fibrinösen Belag, der zuweilen die Darmschlingen miteinander verklebt. Die Schleimhaut des Darmes ist meist stark injiziert, nicht selten sieht man Blutungen in die Gewebe. Der Inhalt des Darmes ist gewöhnlich dünn, gelb, gashaltig oder hämorrhagisch. Die Milz ist immer stark vergrößert. Die Nieren sind vergrößert, hyperämisch. Die Lungen sind meist normal, doch findet man häufig kleine Blutungen. Die Drüsen sind oft vergrößert, stark injiziert. Aus allen Organen läßt sich der Ratinbazillus in Reinkultur züchten.

II. Fütterungsversuche.

Nach der auf den Büchsen angebrachten Anweisung werden durch Füttern mit Bakterienpräparat Ratten, Mollmäuse (Wasserratten) und Hamster nach fünf bis neun Tagen getötet.

Das Futter (Ratin) soll nach Sonnenuntergang an vor Regen und Licht geschützten Stellen in teelöffelgroßen Portionen ausgelegt werden; die Portionen sind unmittelbar vor dem Auslegen lose in Papier einzupacken. Das Auslegen des Futters soll fortgesetzt werden, bis dasselbe nicht mehr angerührt wird, in der Regel zwei bis drei Mal in Zwischenräumen von acht Tagen.

Zu den Fütterungsversuchen wurden bunte Ratten, graue Ratten, weiße Mäuse, graue Mäuse, Kaninchen, Meerschweinchen, Schweine sowie Tauben verwendet.

Um den Vorschriften für das Auslegen möglichst gerecht zu werden, wurde so verfahren, daß die Versuchstiere während der Dauer der Fütterung und Aufnahme des Futters im Dunkeln gehalten wurden. Die Tiere bekamen so lange kein Futter, bis das Ratin vollkommen aufgenommen war.

Aus Zusammenstellung XII (Seite 155 und 156) ergibt sich, daß nach zwei- bis dreimaligem Verfüttern der vorgeschriebenen Ratinmenge in Zwischenräumen von acht Tagen von 26 grauen Ratten 5 = 19,2 %, nach mehr als dreimaligem Verfüttern 7 = 26,9 % insgesamt 12 = 46,1 % eingingen.

Durch Verfüttern von Semmelstückchen, welche mit selbst hergestellten 24 Stunden alten Ratinbouillonkulturen getränkt waren, verendeten von acht Ratten 4 = 50 %.

Von sechs grauen Ratten, welche mit den Organen von an Ratin eingegangenen Ratten gefüttert wurden, starben sämtliche = 100 %.

Von den fünf gefütterten bunten Ratten gingen alle ein = 100 %.

Von vier gefütterten weißen Mäusen starben alle, während von 12 grauen Hausmäusen nur 50 % eingingen. Kaninchen, Meerschweinchen, Schweine, Tauben starben nach Fütterung mit Ratin nicht. (Tabelle IX.)

Tabelle XII. Fütterungsversuche mit dem Ratinpräparat.

	Versuchstier	Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologische Diagnose
Graue Ratte aus Charlottenburg aus einer chemischen Fabrik	1	Ein Teelöffel = 15 g des Original Ratinrattenvertilgungsmittels, vom 28. Juli 06	20. 8., 28. 8., 6. 9., 18. 9.	lebt	
	2		20. 8., 28. 8., 6. 9., 18. 9.	† am 8. 10.	Tod durch Ratin
	3		20. 8., 28. 8.	† am 30. 8.	Tod durch Ratin
	4		20. 8., 28. 8., 6. 9., 18. 9., 8. 10.	lebt	
	5		3. 9., 11. 9.	† am 13. 9.	Tod nicht durch Ratin
	6		3. 9., 11. 9., 18. 9.	† am 21. 9.	Tod durch Ratin
	7		3. 9., 11. 9., 18. 9.	† am 25. 9.	Tod durch Ratin
	8		3. 9., 11. 9., 18. 9., 26. 9., 4. 10., 8. 10.	leben	
	9		3. 9., 11. 9., 18. 9., 26. 9., 4. 10., 8. 10.	leben	
	10		3. 9., 11. 9., 18. 9., 26. 9., 4. 10., 8. 10.	leben	
	11		3. 9., 11. 9.	† am 13. 9.	Tod durch Ratin
	12		3. 9., 11. 9., 18. 9., 26. 9., 4. 10., 8. 10.	lebt	
	13		3. 9., 11. 9., 18. 9.	† am 22. 9.	Tod durch Ratin
	14		3. 9., 11. 9., 18. 9., 26. 9., 4. 10., 8. 10.	† am 12. 10.	Tod durch Ratin
Graue Ratte aus der Zentralmarkthalle	15	Ein Teelöffel = 15 g Ratin, vom 5. Sept. 06	18. 9., 26. 9., 4. 10., 6. 10., 7. 10. 8. 10., 9. 10., 10. 10., 11. 10.	† am 11. 10.	Tod durch Ratin
	16			leben	
	17			leben	
	18			† am 24. 10.	Tod durch Ratin
	19			† am 18. 10.	Tod durch Ratin
	20			leben	
	21			leben	
	22			leben	
	23			leben	
	24			† am 20. 10.	Tod durch Ratin
	25			lebt	
	26			† am 17. 10.	Tod durch Ratin
Graue Ratte aus der Zentralmarkthalle	27	Semmelstückchen mit einer 24stündigen Ratinbouillonkultur	täglich gefüttert vom: 5. 10. bis 16. 10.	† am 17. 10.	Tod durch Ratin
	28		5. 10. bis 18. 10.	† am 20. 10.	Tod durch Ratin
	29		5. 10. bis 18. 10.	† am 15. 10.	Tod durch Ratin
	30		5. 10. bis 18. 10.	leben	
	31		5. 10. bis 18. 10.	leben	
	32		5. 10. bis 18. 10.	leben	
	33		5. 10. bis 18. 10.	leben	
	34		5. 10. bis 18. 10.	† am 13. 10.	Tod durch Ratin
Bunte Ratte	1	Ein Teelöffel Ratin = 15 g, vom 28. Juli 07	14. 8., 23. 8., 1. 9.	† am 19. 9.	Tod durch Ratin
	2		14. 8., 23. 8., 1. 9.	† am 22. 9.	Tod durch Ratin
	3		14. 8., 23. 8., 1. 9.	† am 3. 9.	Tod durch Ratin
	4		14. 8., 23. 8., 1. 9.	† am 3. 9.	Tod durch Ratin
	5		14. 8., 23. 8., 1. 9.	† am 3. 9.	Tod durch Ratin
Graue Ratte	1 a	Mit Rattenorganen von an Ratin eingegangenen Ratten	15. 10.	† am 17. 10.	Tod durch Ratin
	2 a		17. 10.	† am 21. 10.	Tod durch Ratin
	3 a		18. 10.	† am 23. 10.	Tod durch Ratin
	4 a		18. 10.	† am 25. 10.	Tod durch Ratin
	5 a		20. 10.	† am 25. 10.	Tod durch Ratin
	6 a		20. 10.	† am 27. 10.	Tod durch Ratin

Versuchs-tier		Art der Kultur und Infektions-modus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologische Diagnose
Weiße Maus	1	5 g Ratin, vom 28. Juli 07	15. 8., 23. 8., 1. 9., 10 9.	† am 20. 10.	Tod durch Ratin
	2			† am 4. 10	
	3			† am 19. 9.	
	4			† am 3. 10	
Hausmaus	1	5 g Ratin, vom 28. Juli 07	23. 8., 1. 9., 8. 9., 17. 9., 25 9.	leben	
	2				
	3				
	4				
	5			† am 28. 10.	Tod durch Ratin
	6			† am 9. 10.	
	7	5 g Ratin, vom 5. Sept. 07	11. 9., 18. 9., 27. 9., 7. 10.	† am 10. 10.	
	8			† am 14. 10	
	9			† am 8. 10.	
	10			† am 15. 10.	
	11			leben	
	12				
Meerschweinchen	1 2 3 4 5	Mit der Magensonde 10 ccm Ratin-bouillon-kultur in den nüchternen Magen ein-gebracht	11. 9., 18. 9., 27. 9., 4. 10.	leben	
Kaninchen	1 2 3	Mit der Magensonde 20 ccm Ratin-bouillon-kultur in den nüchternen Magen ein-gebracht	12. 9., 19. 9., 28. 9., 5. 10.	leben	
Tauben	1 2 3 4	Mittels Pravazspritze 5 ccm Ratin-bouillon-kultur in den Kropf ein-gespritzt	12. 9., 19. 9., 28. 9., 5. 10., 12. 10.	leben	
1 Schwein		Jeden dritten Tag mit 30 ccm Ratin-bouillon-kultur gefüttert	4. 1., 7. 1., 10. 1., 13. 1., 16. 1., 19. 1.	lebt	

Das verschiedene Verhalten der grauen Ratten gegenüber der Infektion per os mit Ratin läßt, wie ebenfalls Trautmann[1]) und Bahr[2]) schon annahmen, den Gedanken aufkommen, daß die Herkunft der Ratten eine Rolle bei der verschiedenen Widerstandsfähigkeit derselben gegenüber Ratin spielt.

Zur Klärung dieser Frage wurden graue Ratten aus verschiedenen Gegenden beschafft und mit Ratin gefüttert, so von einem Holzplatz, aus Laubenkolonien und aus einer Knochenmühle.

Dabei wurde gleichzeitig darauf geachtet, daß die einzelnen Tiere möglichst gleich groß waren und dasselbe Kulturmaterial erhielten.

Je zehn Ratten dieser verschiedenen Stämme wurden nun in der oben schon erwähnten Weise mit Ratinbouillonkulturen gefüttert. (Tab. XIII.)

Tabelle XIII.

Versuchstier		Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologischer Befund
Graue Ratten aus einer Laubenkolonie	1	Gefüttert mit Semmelstückchen, welche mit 20 ccm einer 24stündigen Ratinbouillonkultur getränkt waren	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11.	† am 10. 11.	Tod durch Ratin
	2		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11., 12. 11.	lebt	
	3		7. 10., 14. 10., 21. 10.	† am 27. 10.	Tod durch Ratin (3–4)
	4		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10.	† am 30. 10.	
	5		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11., 12. 11.	lebt	
	6		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10.	† am 30. 10.	Tod durch Ratin
	7		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11., 12. 11.	lebt	
	8		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11.	† am 8. 11.	Tod durch Ratin (8–10)
	9		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11.	† am 1. 11.	
	10		7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10.	† am 29. 10.	
Graue Ratten von einem Holzplatz	1	Wie vor	8. 10., 15. 10., 22. 10.	† am 23. 10.	Tod durch Ratin (1–10)
	2		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 30. 10.	
	3		8. 10., 15. 10., 22. 10.	† am 25. 10.	
	4		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10., 6. 11.	† am 7. 11.	
	5		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 30. 10.	
	6		8. 10., 15. 10., 22. 10.	† am 25. 10.	
	7		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 29. 10.	
	8		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10., 6. 11., 14. 11.	† am 18. 11.	
	9		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 5. 11.	
	10		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10., 6. 11.	† am 6. 11.	
Graue Ratten aus einer Knochenmühle	1	Wie vor	9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11.	† am 10. 11.	Tod durch Ratin (1–2)
	2		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11.	† am 11. 11.	
	3		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.	lebt	
	4		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11.	† am 5. 11.	Tod durch Ratin
	5		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.	leben (5–6)	
	6		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.		
	7		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11.	† am 15. 11.	Tod durch Ratin
	8		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.	leben (8–9)	
	9		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.		
	10		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11.	† am 2. 11.	Tod durch Ratin

[1]) Trautmann a. a. O.

[2]) Bahr, über die zur Vertilgung von Ratten und Mäusen benutzten Bakterien. Zentralblatt für Bakt. und Parasit. Bd. XXXIX, S. 263.

Tabelle

Serum von Ratten aus einer Knochenmühle. Aufschwemmung = 100000 fache

1	$^1/_2$ ccm einer Ratinbouillon-aufschwemmung $^1/_{100000}$	+ $^1/_2$ ccm normales Kaninchen-serum	$^1/_{10}$ + 1 ccm Ratttenserum-verdünnung	1 : 10
2	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 20
3	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 50
4	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 100
5	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 200
6	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 500
7	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 1000
8	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 2000
9	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 5000
10	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 10000
I	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ Kochsalzlösung 0,8%	sofort Platte gegossen	
II	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ „	nach 3 Std. „ „	
III	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ normales Kaninchenserum $^1/_{10}$		

Tabelle

Serum von Ratten aus einer Laubenkolonie. Aufschwemmung = 100000 fache

1	$^1/_2$ ccm einer Ratinbouillon-aufschwemmung $^1/_{100000}$	+ $^1/_2$ ccm normales Kaninchen-serum	$^1/_{10}$ + 1 ccm Rattenserum-verdünnung	1 : 10
2	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 20
3	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 50
4	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 100
5	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 200
6	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 500
7	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 1000
8	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 2000
9	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 5000
10	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 10000
I	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ Kochsalzlösung	sofort Platte gegossen	
II	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ „	nach 3 Std. Platte gegossen	
III	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ normales Kaninchenserum $^1/_{10}$		

Tabelle

Serum von Ratten von einem Holzplatz. Aufschwemmung = 100000 fache

1	$^1/_2$ ccm einer Ratinbouillon-aufschwemmung $^1/_{100000}$	+ $^1/_2$ ccm normales Kaninchen-serum	$^1/_{10}$ + 1 ccm Rattenserum-verdünnung	1 : 10
2	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 20
3	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 50
4	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 100
5	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 200
6	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 500
7	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 1000
8	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 2000
9	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 5000
10	$^1/_2$ „ „	+ $^1/_2$ „ „	$^1/_{10}$ + 1 „ „	1 : 10000
I	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ Kochsalzlösung 0,8%	sofort Platte gegossen	
II	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ „ 0,8%	nach 3 Std. Platte gegossen	
III	$^1/_2$ „ „	+ $1^1/_2$ „ normales Kaninchenserum $^1/_{10}$		

XIV.

Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
7125	8316	8494	7128	9504	9202	8318	8910	7128	8494
7125	9208	8558	7376	9504	8910	8318	8910	7376	9208
3168	**5752**	8648	**2376**	8910	9504	8910	**4216**	7376	**5346**
4743	**6554**	8746	**4940**	8910	9348	9202	**5910**	7870	**6128**
7125	9148	8826	7128	9202	9504	8910	8534	7870	8544
7125	**5346**	8648	**4752**	9504	9202	9348	**4410**	8464	**5456**
5444	8128	8553	7722	8910	8910	9202	7870	8840	8860
7455	9128	8841	7722	9202	9348	9504	9504	8464	8648
8048	9208	8026	7722	9504	9104	9806	9504	8464	8840
8841	9322	8826	7128	9504	9408	9650	9504	8464	8840
2040	2504	2846	2848	2504	2504	2942	2504	2848	2840
8648	8556	8494	8746	9202	9348	9504	8910	8746	2556
8648	8494	8746	8826	9202	9202	9348	9504	8826	8648

XV.

Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
8840	8830	8890	7860	7920	7890	8190	7120	8960	9080
8780	8710	7890	7920	8040	7920	8030	7060	8840	8840
8900	**4950**	8710	8040	**4710**	7980	8190	7240	8780	8960
8840	**6770**	8830	7980	**5830**	8110	8310	7860	**4780**	9020
8900	7980	7950	8080	7950	8040	8370	7740	**6900**	8960
9020	8040	8710	7920	8040	7950	8190	7860	9020	9080
8960	**4710**	8830	7980	**4830**	8110	8370	7980	**4890**	9140
9080	8780	8896	8040	8890	8280	8770	7920	8890	8840
9020	8770	8770	8140	8770	8040	8830	7980	8830	8890
9020	8830	8890	8260	8830	8010	8890	8040	9020	9140
2010	2210	2210	2070	2130	2130	2210	2370	2370	2550
8840	8780	8830	7980	8770	8110	8190	7980	8900	9140
8960	8830	8710	8040	7950	8230	8370	7860	9020	8960

XVI.

Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
7870	8316	7128	8494	8910	8316	7128	7870	8494	8910
8494	8756	8994	8594	8894	8694	8594	8670	8840	8648
8728	8566	8840	8840	9202	8728	8840	8994	8694	9202
8594	8840	8728	8694	8840	8840	8648	8870	8840	8694
8840	8670	8840	8840	8728	8648	8840	8840	8566	8840
8694	8840	8994	8840	8840	8994	8840	8566	8840	8994
8840	8840	8994	8910	9202	8840	8994	8840	8740	8840
8566	8840	8840	8994	8994	8840	8910	8868	8760	8614
8840	8868	8840	8648	8994	8728	8994	8694	8840	8794
8840	8694	8894	8994	9202	8994	8840	8994	8648	8894
2848	2504	2942	2848	2848	2504	2564	2504	2848	2848
8910	8648	9202	8910	8746	8648	8910	8746	8648	8648
8994	8494	8994	8946	8694	8946	8994	8494	8994	8694

Von diesen zehn Ratten aus der Laubenkolonie gingen acht, und von zehn von einem Holzplatz alle ein, während von den zehn aus einer Knochenmühle stammenden Ratten fünf am Leben blieben.

Dieser Ausfall des Versuchsergebnisses legte die Vermutung nahe, daß im Blute einer großen Anzahl wilder Ratten spezifische gegen den Ratinbazillus gerichtete Schutzstoffe vorhanden sein müssen, welche die Tiere hochgradig resistent oder völlig immun machen.

Es lag nun nahe, das Blut der wilden Ratten, bevor sie in Versuch genommen wurden, auf etwa vorhandene Schutzkörper gegenüber dem Ratinbazillus zu prüfen.

Die Prüfung des Rattenserums auf spezifische Schutzstoffe geschah in vitro.

Bei der Technik der Reagensglasversuche wurden im wesentlichen die von Neisser und Wechsberg, Stern und Korte angegebenen Vorschriften befolgt. In eine Reihe von sterilen Reagensgläsern wurden 0,5 ccm einer 100000fachen Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur gefüllt. Als Komplementzusatz wurde 0,5 ccm ganz frischen, mittels steriler physiologischer Kochsalzlösung auf 1 : 10 verdünnten Kaninchenserums genommen. Zu dieser Mischung (Kulturaufschwemmung + $^1/_{10}$-Normal-Kaninchenserum) wurde 1 ccm fallender Mengen ($^1/_{10}$, $^1/_{20}$ usw. bis $^1/_{10000}$) des zu prüfenden Rattenserums zugesetzt und gleichmäßig vermischt.

Die Verdünnungen des Rattenserums, das zwecks Inaktivierung eine halbe Stunde bei 55 bis 60° gehalten war, wurde mit steriler physiologischer Kochsalzlösung hergestellt.

Auf Reinheit, Keimfreiheit und sorgfältige Herstellung der Kochsalzlösung wurde besonders Bedacht genommen.

Nachdem die Röhrchen drei Stunden im Brutschrank bei 37° C. gehalten waren, wurde ihr Inhalt zu Agarplatten verarbeitet und zwar wurde dabei zunächst der Inhalt der Röhrchen in je eine frisch sterilisierte Petrischale ausgegossen und in dieser mit 10 ccm Agar von 45° durch mehrfaches Schwenken so vermischt, daß die Mischung gleichmäßig über die ganze Platte verteilt war. Nach eingetretener Erstarrung wurde eine dünne Schicht sterilen Agars darüber gegossen, um ein die Beurteilung störendes Oberflächenwachstum zu verhindern. Nach 18stündigem Verweilen im Brutschrank wurde eine Zählung der ausgewachsenen Kolonien vorgenommen und festgestellt, bei welchen Verdünnungen des Serums eine auffallende Verminderung der eingebrachten Keime stattgefunden hatte. Die Zahl derselben wurde unter dem Mikroskop durch Auszählen einzelner Gesichtsfelder mit dem Okularmikrometer festgestellt. Bei den Untersuchungen wurde Wert darauf gelegt, die annähernd genaue Kolonienzahl zu bestimmen.

Folgende Kontrollen wurden bei jedem Versuch angesetzt: 1. Platte I zeigte die überhaupt zur Aussaat gelangende Keimzahl an. 2. Platte II wurde aus einem denselben Inhalt wie I d. h. 0,5 ccm Kulturmenge und 1,5 ccm Kochsalzlösung, enthaltenden Röhrchen, jedoch erst nach 3stündigem Verweilen im Brutschrank bei 37° C. angelegt. 3. Platte III sollte den Einfluß des Komplementzusatzes zeigen. Röhrchen III enthielt demnach 0,5 ccm Kulturaufschwemmung, 0,5 ccm $^1/_{10}$-Normal-

Kaninchenserum (Komplement) und 1 ccm Kochsalzlösung. Außerdem wurden bei jedem Versuch Kontrollen auf die Sterilität des Komplements und des spezifischen Serums gemacht.

Die Gewinnung von Rattenserum wurde nach der Methode von Czaplewski so vorgenommen, daß ein Stückchen des mit Alkohol und Sublimatlösung sterilisierten Schwanzes abgeschnitten und das hervorquellende Blut mit einem an einem Drahtstück befestigten sterilem Wattebausch aufgesogen wurde. Der Wattebausch wurde vermittels des Drahtes in einem kleinen sterilen Zentrifugierröhrchen befestigt und zentrifugiert.

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tabelle XIV bis XVI (S. 158 u. 159) zusammengestellt. Aus denselben läßt sich ersehen, daß bei einem Teil der untersuchten Ratten sich im Blute Stoffe finden, welche auf den Ratinbazillus in vitro entschieden entwicklungshemmende Eigenschaften entfalten und zwar zeigen sich dieselben am stärksten bei einer Rattenserumverdünnung von 1 : 50 bezw. 1 : 100 und 1 : 500 bezw. 1 : 1000.

Diese bakteriziden Stoffe übten auf andere Bakterien, Coli, Paratyphus B., wie durch Kontrollversuche festgestellt wurde, keinen Einfluß aus. Es handelt sich hier also wohl um durchaus spezifische Stoffe, und es liegt nahe auf Grund unserer Versuchsergebnisse, diese in vitro auf den Ratinbazillus entwicklungshemmenden Stoffe mit den im Tierkörper wirkenden Bakteriolysinen für identisch zu erklären.

Inwieweit diese entwicklungshemmende Eigenschaft des Blutes mit einer etwa früher stattgehabten Infektion mit Bakterien der Gärtnergruppe zusammenhing, konnte nicht ermittelt werden. Jedenfalls konnten in den Ausscheidungen der Tiere, bevor sie in den Versuch genommen wurden, keine Bakterien der Gärtnergruppe nachgewiesen werden.

Diese untersuchten Tiere wurden in der eingangs erwähnten Weise mit Ratinbouillonkulturen gefüttert.

Tabelle XVII.

	Versuchstier	Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1907	Bakteriologische Diagnose
Ratten aus einer Knochenmühle	1 2	Semmelstückchen mit 20 ccm einer 24 Stunden alten Ratinbouillonkultur getränkt	**30.1., 3.2., 9.2., 15.2., 20.2., 27.2., 5.3., 11.3., 18.3., 25.3.**	leben	
	3		30.1., 3.2., 9.2., 15.2.	† am 15. 2.	Tod durch Ratin
	4		**30.1., 3.2., 9.2., 15.2., 20.2., 27.2., 5.3., 11.3., 18.3.**	lebt	
	5 6 7		15.2., 20.2., 27.2.	† am 28. 2. † am 28. 2. † am 1. 3.	Tod durch Ratin
	8		**20.2., 27.2., 5.3., 11.3., 18.3., 25.3., 2.4., 10.4., 18.4.**	lebt	
	9 10		20.2., 27.2., 5.3., 12.3., 20.3., 27.3., 2.4., 10.4., 18.4., 25.4.	lebt lebt	

Versuchstier		Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1907	Bakteriologische Diagnose
Ratten aus einer Laubenkolonie	1	Wie vor	16. 1., 24. 1., 30. 1.	† am 5. 2.	Tod durch Ratin
	2		**16. 1., 24. 1., 30. 1., 6. 2.**	**lebt**	
	3		16. 1., 24. 1., 30. 1., 6. 2., 14. 2., 21. 2., 27. 2., 6. 3., 13. 3., 21. 3. (3 und 4)	† am 28. 2.	Tod durch Ratin (3 und 4)
	4			† am 25. 3.	
	5		**17. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2.**	**lebt**	
	6		17. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2., 22. 2., 1. 3., 7. 3., 14. 3., 22. 3.	lebt	
	7		12. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2.	† am 17. 2.	Tod durch Ratin (7 und 8)
	8		17. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2., 22. 2., 1. 3., 7. 3., 14. 3., 22. 3.	† am 27. 3.	
	9		**19. 2., 26. 2., 5. 3., 12. 3., 22. 3., 1. 4., 8. 4., 16. 4.**	**lebt**	
	10		19. 2., 26. 2., 5. 3.	† am 11. 3.	Tod durch Ratin
Ratten von einem Holzplatz	1	Wie vor	3. 2., 10. 2., 17. 2. (1–5)	† am 18. 2.	Tod durch Ratin (1–10)
	2			† am 20. 2.	
	3			† am 19. 2.	
	4			† am 21. 2.	
	5			† am 23. 2.	
	6		11. 2., 19. 2., 26. 2. (6–8)	† am 27. 2.	
	7			† am 26. 2.	
	8			† am 1. 3.	
	9		26. 2., 1. 3., 10. 3., 16. 3. (9–10)	† am 17. 3.	
	10			† am 19. 3.	

Bei den mittels fetteren Drucks kenntlich gemachten Ratten wurden, wie aus Tabelle XIV bis XVI ersichtlich, bakterizide Stoffe im Blute gefunden.

Von den fünf Ratten aus der Knochenmühle, bei welchen sich Schutzstoffe im Blute nachweisen ließen, ging nach zehnmaliger Fütterung keine ein, ebenso starb von den drei Ratten aus der Laubenkolonie keine.

Um nun weiter klar zu stellen, inwieweit die Nahrung der Ratten aus der Knochenmühle etwa eine Rolle bei der Widerstandsfähigkeit spiele, wurde folgender Versuch angestellt.

Es wurden von dem Holzplatze zehn Ratten, deren Blut vorher auf Schutzstoffe gegenüber dem Ratinbazillus geprüft war, vier Wochen lang mit Abfällen aus der Knochenmühle — bestehend aus getrockneten Fleischabfällen, Mais und Hafer — gefüttert, und dann weiter genährt mit Ratinbouillonkulturen in Abständen von acht Tagen. Bei diesen Tieren ließen sich nach der Fütterung weder im Blute entwicklungshemmende Stoffe nachweisen, noch blieben sie am Leben (Tabelle XVIII).

Tabelle XVIII.

Fütterung von Holzplatzratten mit Abfällen aus der Knochenmühle.

Versuchs-tier	Art der Kultur und Infektions-modus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologische Diagnose
1	Semmelstückchen getränkt mit 20 ccm Ratinbouillonkultur verfüttert	10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 28. 11.	an Ratin
2		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12.	† am 11. 12.	
3		10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 27. 11.	
4		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12.	† am 15. 12.	
5		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12., 19. 12.	† am 23. 12.	
6		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12.	† am 14. 12.	
7		10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 29. 11.	
8		10. 11., 18. 11.	† am 22. 11.	
9		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12.	† am 13. 12.	
10		10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 28. 11.	

Anderseits wurden nun Ratten aus der Knochenmühle, bei welchen bakterizide Stoffe im Blute nachgewiesen werden konnten (Tabelle XIX), vier Wochen lang nur mit Semmel gefüttert. Von diesen fünf Tieren zeigten alle nach der Fütterung mit Semmel noch das Phänomen der Bakterizidie.

Tabelle XIX. Prüfung von Ratten aus der Knochenmühle, welche vier Wochen mit Semmel gefüttert sind, auf Bakteriolysine.

	Serum von Knochenmühlenratten. Aufschwemmung = 100 000 fache Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Std. alten Ratinagarkultur				I	II	III	IV
1	½ ccm einer Ratinbouillon-aufschwemmung $^1/_{100\,000}$	+ ½ ccm normales Kaninchen-serum	+ 1 ccm Rattenserum-verdünnung	1 : 10	9202	8553	7125	8648
2	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 20	8910	8494	7455	8494
3	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 50	**4520**	**4668**	**4048**	**4746**
4	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 100	**5202**	**4826**	**5048**	**5648**
5	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 200	9202	8746	7955	8842
6	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 500	**4804**	8553	**4448**	**4446**
7	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 1000	9504	**4821**	8648	8746
8	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 2000	9348	8826	8256	8842
9	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 5000	9504	8494	8648	8842
10	½ „ „	+ ½ „ „	+ 1 „ „	1 : 10 000	9504	8746	8648	8842
I	½ „ „	+ 1½ „ Kochsalzlösung 0,8% sofort Platten gegossen			2942	2846	2040	2504
II	½ „ „	+ 1½ „ „ 0,8% nach 3 Std. Platte gegossen			9202	8826	8648	8746
III	½ „ „	+ 1½ „ normales Kaninchenserum $^1/_{10}$			9348	8746	8648	8842

Von diesen fünf Ratten (Tabelle XX), welche nunmehr mit Ratinbouillonkulturen gefüttert wurden, ging nach achtmaliger Fütterung keine ein.

In dem Futter (Fleischabfällen) aus der Knochenmühle konnte niemals ein Bakterium der Gärtnergruppe nachgewiesen werden.

Aus letzterem Befund dürfte sich wohl nicht der Schluß ziehen lassen, daß das Vorkommen von Bakterien dieser Gruppe in den Abfällen der Knochenmühle nicht von der Hand zu weisen ist, da doch nur ein verschwindend kleiner Bruchteil dieser Abfälle zur Untersuchung gelangte.

Tabelle XX. Ratten aus einer Knochenmühle, während vier Wochen mit Semmelstückchen gefüttert.

Versuchstier		Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des eventuellen Todes	Bakteriologische Diagnose
Graue Ratte aus einer Knochenmühle	1	Semmelstückchen mit 20 ccm einer 24 Stunden alten Ratinbouillonkultur getränkt	5. 1., 13. 1., 21. 1., 29. 1., 6. 2., 15. 2., 23. 2., 1. 3.	leben	
	2				
	3				
	4				
	5				

Aus den angestellten Versuchen geht ohne Zweifel hervor, daß es gelingt, nur einen gewissen Prozentsatz grauer Ratten durch Fütterung mit dem Ratinbazillus zu vernichten — eine Tatsache, die nicht sehr förderlich wirkt für die praktische Anwendung des Ratinbazillus als Mittel zur Vertilgung der Ratten.

Es lag nun nahe den Versuch zu machen, durch Tierpassagen die Virulenz des Ratinbazillus zu erhöhen; zu diesem Zwecke wurde folgender Versuch angestellt (Tabelle XXI, Seite 165). Eine 24 Stunden alte Ratinbouillonkultur wurde an fünf graue Ratten verfüttert. Eine von diesen Ratten (III) ging nach fünfmaligem Füttern ein. Aus dieser Ratte wurde der Ratinbazillus in Reinkultur gezüchtet. Der Kadaver wurde an fünf graue Ratten verfüttert. Mit der aus Ratte III gewonnenen Ratinreinkultur wurden zwei graue Ratten subkutan mit einem cbm Bouillonaufschwemmung = 1 Öse geimpft. Von diesen Ratten ging eine nach 13 Tagen an Ratin ein. Es gelang nun durch mehrfache Tierpassagen die Virulenz so zu steigern, daß $^1/_{10000}$ Öse imstande war, graue Ratten nach 3 bis 4 Tagen sicher zu töten. Bei der sechsten Passage jedoch trat wieder eine Abschwächung der Virulenz ein, so daß $^1/_{100}$ Öse graue Ratten erst nach 5 bezw. 7 Tagen zu töten imstande war. Auch durch weitere Passagen konnte eine höhere Virulenz nicht erreicht werden (Tabelle XX). Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den von Skrodzki und Trautmann[1]) gemachten Beobachtungen bei den Untersuchungen über das von Dunbar gefundene Bakterium.

Analog den Untersuchungen von Trautmann wurden noch Versuche gemacht, durch Züchtung des Ratinbazillus in sterilen Rindfleischwürfeln und auf mit Taubenblut bestrichenen Agarplatten eine Virulenzsteigerung zu erzielen.

Tabelle XXII zeigt den Erfolg. Es gelang auch hier nicht eine gleichmäßig andauernde Virulenzsteigerung gegenüber grauen Ratten zu erzielen. Stets zeigte sich die Wirksamkeit des für zahme Ratten und weiße Mäuse hochvirulenten Ratinstammes gegenüber grauen Ratten unsicher und beschränkt.

Aus den angestellten Versuchen geht hervor, daß der Ratinbazillus in Form des Ratin und auch als Bouillonkultur für einen großen Prozentsatz von wilden Ratten pathogen ist. Ein nicht unerheblicher Teil = 50 % zeigt sich refraktär und zwar sind es immer die Ratten, bei welchen

[1]) Trautmann a. a. O.

Tabelle XXI. Ausgangskultur, völlig avirulent.

Gr. Ratte I	Gr. Ratte II	Gr. Ratte III	Gr. Ratte IV	Gr. Ratte V
gefüttert mit Bouillonkultur am 11. 12., 18. 12., 25. 12. und 31. 12.	gefüttert mit Bouillonkultur.	gefüttert † am 26. 12. 06.	gefüttert mit Bouillonkultur.	gefüttert mit Bouillonkultur.

(von Gr. Ratte III:)

Gr. Ratte 6	Gr. Ratte 7	W. Maus I	W. Maus II
subk. mit einer Öse Agarkultur.	subkutan † am 3. 1. 07.	subk. mit einer Öse Agarkult. (von Ratte III), welche 2 Std. bei + 57° gehalten.	subk. mit einer Öse Agarkult. (Ratte III), welche 2 Std. bei + 57° gehalten.

(von Gr. Ratte 7:)

Gr. Ratte 8	Gr. Ratte 9	Gr. Ratte 10	Gr. Ratte 11	W. Maus 3	W. Maus 4
am 4. 1. 07 subk. mit 1 Öse Agarkult. (R. 7) geimpft † am 8. 1.	subk. mit 1 Öse Agarkultur (Ratte 7) geimpft lebt.	subk. mit $^1/_{100}$ Öse Agarkultur (Ratte 7) geimpft lebt.	subk. $^1/_{100}$ Öse Agarkultur von Ratte 7 lebt.	subk. 1 Öse Agarkultur von R. 7. 2 Std. b. 57° erhitzt lebt.	subk. 1 Öse Agarkultur 2 Std. bei 57° erhitzt lebt.

(von Gr. Ratte 8:)

Gr. Ratte 12	Gr. Ratte 13	Gr. Ratte 14	Gr. Ratte 15	Maus 5	Maus 6
am 10. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 9 Tagen.	am 10. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 7 Tagen.	am 10. 1. $^1/_{1000}$ Öse subkutan lebt.	am 10. 1. $^1/_{1000}$ Öse subkutan lebt.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 8. 2 Std. b. 57° erhitzt	subkutan 1 Öse Kultur von R. 8. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 5 Tagen.

(von Gr. Ratte 13:)

Gr. Ratte 16	Gr. Ratte 17	Gr. Ratte 18	Gr. Ratte 19	Maus 7	Maus 8
am 19. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 6 Tagen.	am 19. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 5 Tagen.	am 19. 1. $^1/_{1000}$ Öse subkutan	am 19. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 15 Tagen.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 13. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 4 Tagen.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 13. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 4 Tagen.

(von Gr. Ratte 17:)

Gr. Ratte 20	Gr. Ratte 21	Gr. Ratte 22	Gr. Ratte 23	Maus 9	Maus 10
am 26. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 5 Tagen.	am 26. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 2 Tagen.	am 26. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 8 Tagen.	am 26. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 15 Tagen.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 17. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 2 Tagen.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 17. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 2 Tagen.

(von Gr. Ratte 21:)

Gr. Ratte 24	Gr. Ratte 25	Gr. Ratte 26	Gr. Ratte 27	Maus 11	Maus 12
am 30. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 44 Std.	am 30. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 48 Std.	am 30. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 3 Tagen.	am 30. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 4 Tagen.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 21. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 21. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.

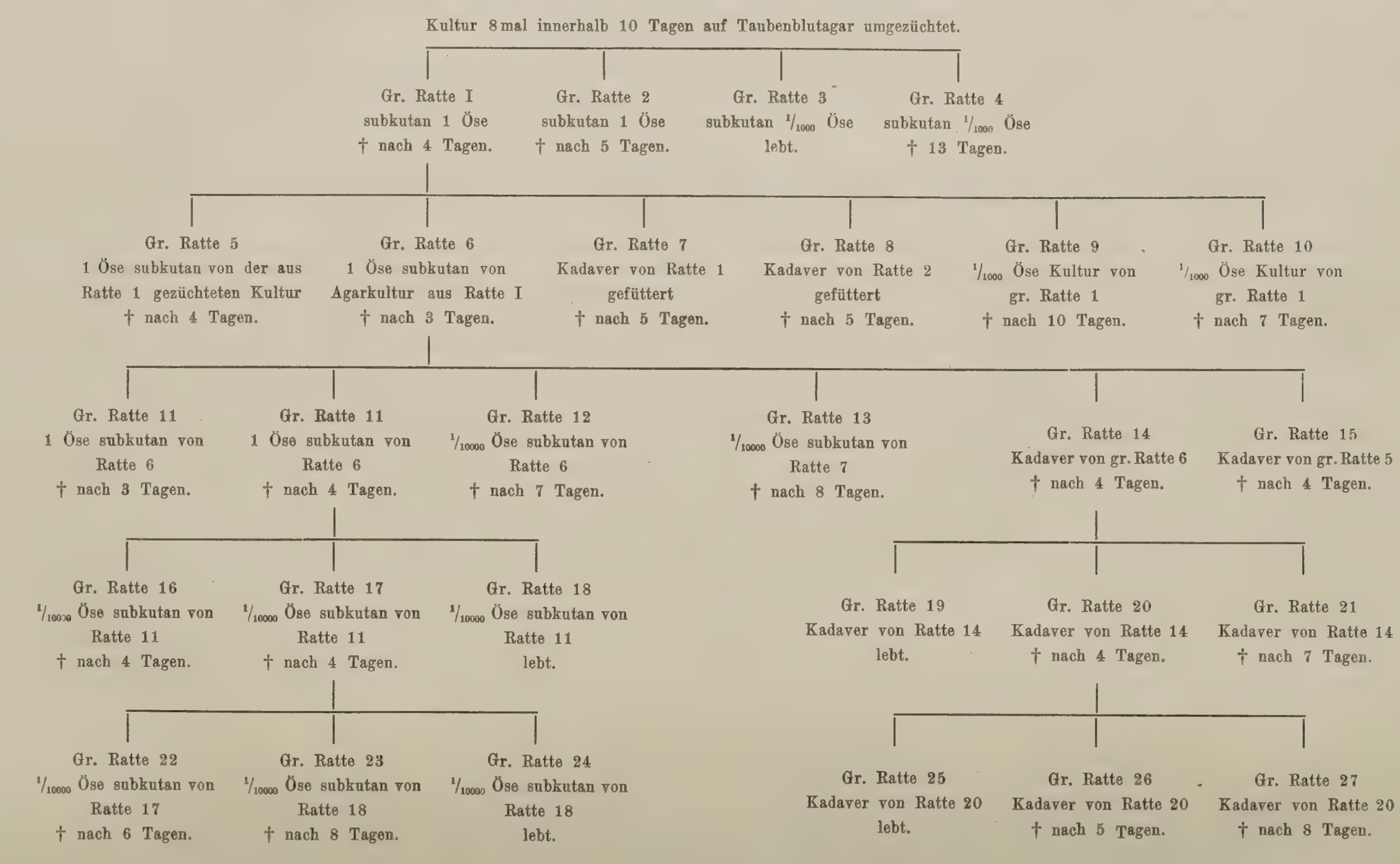
(von Gr. Ratte 25:)

Gr. Ratte 28	Gr. Ratte 29	Gr. Ratte 30	Gr. Ratte 31	Maus 13	Maus 14
am 2. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 7. Tage.	am 2. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 5. Tage.	am 2. 2. $^1/_{100.0}$ Öse subkutan lebt.	am 2. 2. $^1/_{10000}$ Öse subk. † nach 20 Tagen nicht an Ratin.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 25. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 25. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.

(von Gr. Ratte 29:)

Gr. Ratte 32	Gr. Ratte 33	Gr. Ratte 34	Gr. Ratte 35	Maus 15	Maus 16
am 9. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 6. Tage.	am 9. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 7. Tage.	am 9. 2. $^1/_{10000}$ Öse subkutan lebt.	am 9. 2. $^1/_{10000}$ Öse subkutan lebt.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 29. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.	subkutan 1 Öse Kultur von R. 29. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.

Tabelle XXII. Ausgangskultur = eine Öse Agarkultur tötet graue Ratten in 8—9 Tagen.



Schutzstoffe im Blute nachgewiesen werden konnten, ohne daß gleichzeitig irgend ein Grund für die Entstehung derselben zu finden war.

Ohne Zweifel hat wohl die Nahrung, welche diese Tiere an den einzelnen Orten ihres Aufenthaltes zu sich nehmen, Einfluß auf diese anscheinende Immunität.

Ich möchte mich bezüglich der Entstehung letzterer der Ansicht Trautmanns anschließen, daß die große Resistenz bezw. Immunität vieler grauer Ratten gegen Bakterien der Gärtner-Gruppe — Ratinbazillus — auf eine in früherer Zeit bereits überstandene leichte Infektion mit gleichem oder verwandtem Krankheitserreger bezw. auf hierdurch gebildete Schutzstoffe zurückzuführen ist.

Für diese Annahme spricht wohl die im Laufe der Untersuchungen mehrfach bestätigte Tatsache, daß sämtliche graue Ratten, bei denen Bakteriolysine im Blute nachgewiesen werden konnten, der Infektion mit Ratin nicht erlagen, obwohl andere mit den gleichen Kulturen gefütterte prompt eingingen.

Obgleich in dem Futter (Fleischabfälle), welches aus der Knochenmühle bezogen wurde, keine Bakterien der Gärtner-Gruppe gefunden werden konnten, so darf es doch nicht ausgeschlossen werden, daß die Ratten Gelegenheit hatten, sich bei der Aufnahme desselben zu infizieren, umsomehr als in der Knochenmühle Teile von gefallenen und notgeschlachteten Tieren mit verarbeitet wurden.

Andererseits ist ja in den letzten Jahren durch Untersuchungen festgestellt worden, daß Bakterien, die nach ihrem biologischen Verhalten der Gruppe der Fleischvergifter zuzurechnen sind, sich nicht nur in menschlichen und tierischen Se- und Exkreten, Leichen usw. finden, sondern auch im Trinkwasser (Sternberg[1]) und Abwässern usw. gelegentlich vorkommen.

Wenn wir nun in Erwägung ziehen, daß sich die Ratten vorwiegend an Unratstellen, wie Abfallschächten, Tierställen, Kanälen, Abdeckereien usw. aufhalten, so erscheint es sehr wahrscheinlich, daß sie dort mit den oben genannten Bakterien der Gärtner-Gruppe in Berührung kommen und sich infizieren.

Was nun schließlich die praktische Verwendbarkeit des Ratins zur Rattenbekämpfung anlangt, so wird man auf Grund der angestellten Versuche den Schluß ziehen müssen, daß man in der Praxis wahrscheinlich nur einen mittelmäßigen Erfolg haben wird, da man eben mit der erworbenen Resistenz bezw. Immunität einer größeren Anzahl der wilden Ratten zu rechnen hat.

Dies haben auch die inzwischen von der Landwirtschaftskammer in Halle im großen in der Praxis angestellten Versuche bestätigt.

Wenn auch der Ratinbazillus nach den eingehenden Untersuchungen von A. Wladimiroff[2]) und A. Kamensky sowie auch nach unseren eigenen für größere Haustiere nicht pathogen ist, so muß man doch bei der Verwendung desselben in der Praxis zur Rattenvertilgung Vorsicht walten lassen, zumal das ganze biologische Verhalten auf die Zugehörigkeit zur Gruppe der Fleischvergifter (Gärtner-Gruppe) hinweist.

---

[1]) Sternberg, Zeitschrift für Hygiene Bd. 34, S. 349.

[2]) A. Wladimiroff und A. Kamensky, Versuche an Haustieren mit der Ratten tötenden Bakterie Neumanns (Ratin). Berliner tierärztl. Wochenschrift 1907, Nr. 2.

Aus der bakteriologischen Anstalt zu Straßburg i. E.

Über die Verbreitung der Typhusbazillen in den Lymphdrüsen bei Typhusleichen.

Von

Prof. **Dr. E. Levy** und **Dr. Walter Gaehtgens.**

Sanarelli[1]) sprach 1894 die Ansicht aus, daß der Typhus nicht als ein Prozeß mit intestinalem Ursprung und intestinaler Lokalisation zu betrachten sei, sondern daß bei ihm eine Infektion des lymphatischen Systems vorliege. Bäumler[2]) hat dann im Gegensatz zu den neueren Anschauungen, daß der Abdominaltyphus in seinem Beginn zunächst eine septische Allgemeininfektion darstelle, die Tatsache betont, daß man bei den Typhusautopsien nicht die Lymphdrüsen im ganzen Körper verändert findet, sondern nur die den ergriffenen Darmpartien zugehörigen. M. B. Schmidt[3]) hat sich der wichtigen Aufgabe unterzogen, die äußeren Lymphdrüsen, welche nicht in regionärer Abhängigkeit vom Darme stehen, auf anatomische Veränderungen und Bakteriengehalt zu untersuchen. Wie er betont, darf man in der Vergrößerung der Lymphdrüsen, wenn dieselbe nicht von einer Abweichung im histologischen Bau begleitet ist, kein Zeichen für eine typhöse Erkrankung sehen. Als Kriterium der typhösen Neubildung in den lymphatischen Organen sieht M. B. Schmidt großzellige Hyperplasie mit Phagocytose, Verminderung der Lymphocyten an. Solche Veränderungen in den peripheren Lymphdrüsen traf er bei 13 Typhusautopsien nur zweimal an. Hierbei waren die Drüsen nicht vergrößert und nur in mäßigem Grade hyperämisch. In dem einen Falle handelte es sich um eine Mischinfektion. Die bakteriologische Untersuchung (in 10 Fällen mikroskopisch, in 3 kulturell) ergab zweimal auf den aus den Leistendrüsen angelegten Platten die Anwesenheit von Typhusbazillen.

---

[1]) Sanarelli, Études sur la fièvre typhoide expérimentale. Annales de l'Institut Pasteur Bd. 8.

[2]) Bäumler, Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte zu Meran 1905. Zweiter Teil. 2. Hälfte S. 51.

[3]) M. B. Schmidt, Über Typhus abdominalis. Zentralbl. f. allgem. Patholog. und pathologische Anatomie Bd 18, 1907.

Seit Mai 1907 haben wir bei sämtlichen Typhusautopsien, die uns durch die liebenswürdige Freundlichkeit von Herrn Prof. Chiari zur Verfügung standen, die Verteilung der Typhusbazillen besonders in den Lymphdrüsen genau erforscht. Die Mesenterial-, Inguinal-, Axillar- und Cervicaldrüsen wurden in sterile Schalen gebracht. Aus ihrem Innern wurde jedes Mal mit sterilem scharfen Löffel möglichst die gleiche Menge Drüsensubstanz entnommen und in 5 ccm physiol. Kochsalzlösung verrieben. Von dieser Aufschwemmung kam 0,1 ccm auf eine Endoplatte und 0,5 auf eine Malachitgrünplatte. Über die Züchtungserfolge und außerdem über die übrigen bakteriologischen Verhältnisse gibt nachfolgende ausführliche Tabelle (Seite 170 und 171) Aufschluß.

Was die zunächst uns interessierende Frage anbetrifft, so ersehen wir aus der Tabelle, daß in den Mesenterialdrüsen die Typhusbazillen niemals vermißt werden, daß sie weiter in ihnen stets in viel größerer Menge nachzuweisen waren, wie in den übrigen Lymphdrüsen. Außerdem haben wir verzeichnet, daß die Mesenterialdrüsen stets makroskopisch bereits verändert waren, in 5 Fällen sich vergrößert und vereitert, in 1 Fall hart erwiesen. Es kann also gar keinem Zweifel unterliegen, daß im Lymphdrüsenapparat der Krankheitsprozeß sich hauptsächlich in den Mesenterialdrüsen abspielte. Diese Befunde sprechen entschieden zugunsten der Annahme, daß die primäre Lokalisation der Typhuserkrankung in den Darmpartien, welche diesen Mesenterialdrüsen angehören, zu suchen ist.

Aus den erstergriffenen Lymphapparaten verbreiten sich die Typhusbazillen auf dem Wege der Lymphbahnen und selbstverständlich auch auf demjenigen der Blutbahn weiter. Hieraus erklärt sich ohne weiteres, daß man beim Typhus verhältnismäßig früh die Erreger im zirkulierenden Blut, daß man sie fernerhin im ganzen Lymphapparat und in den Organen trifft. Man darf aber u. E. auf den Blutbefund hin beim Typhus nicht auf eine sepsisartige Erkrankung schließen. Es handelt sich bei ihm einfach um eine Bakteriämie. Dagegen wird, wie bekannt, gerade bei dieser Infektionskrankheit das gesamte Lymphsystem in starke Mitleidenschaft gezogen. Ist doch für sie die Leukopenie geradezu pathognomonisch. Bei den Coliinfektionen herrscht ein umgekehrtes Verhalten. E. Schlesinger[1]), der auf Veranlassung von E. Levy die Leucocytose bei experimentellen Infektionen untersuchte, fand beim Colikaninchen eine Hyperleukocytose und als charakteristisch gleich bei ihrem Beginn eine hervorragende Beteiligung der Lymphocyten. Blumenthal und Hamm verzeichnen in einer demnächst erscheinenden Arbeit bei schweren Coliinfektionen des Menschen eine Hyperleukocytose.

Die Lymphapparate des erkrankten Darmes stellen die wichtigste Ablagerungsstätte für die Typhusbazillen dar; sie speisen gewissermaßen das Blut. Bei günstigem Ausgang verschwinden die Mikroorganismen aus den zur Heilung sich anschickenden Drüsen. Infolgedessen findet man in den späteren Wochen der Erkrankung die Keime verhältnismäßig selten im Blute. Ganz anders liegen dagegen die Verhältnisse

---

[1]) E. Schlesinger, Die Leukocytose bei experimentellen Infektionen. Ztschr f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 35.

Name	Alter Jahre	Erkrankt	Untersuchungen während der Krankheit Blut-Agglutination	Blut-Züchtung	Fäces	Urin	Gestorben
I. Frau B.	33	7. V. 07	28. V. 07: † Typhus 1:200	28. V. 07: † Typhus	27. V. 07: 0	27. V. 07: 0	30. V. 07
II. Johanna N.	17	7. VII. 07	17. VII. 07: † Typhus 1:50; † Paratyph. B 1:100	17. VII. 07: † Typhus	17. VII. 07: 0	17. VII. 07: 0	21. VII. 07
III. Eugenie W.	39	18. VII. 07	20. VII. 07: † Typhus 1:100	20. VII. 07: 0	22. VII. 07: 0	22. VII. 07: 0	23. VII. 07
IV. Barbara W.	16	30. VII. 07	2. VIII. 07: 0	2. VIII. 07: † Typhus	2. VIII. 07: 0	2. VIII 07: 0	7. VIII. 07
V. Barbara W.	47	22. VII. 07	2. VIII. 07: † Typhus 1:50; † Paratyph. B 1:100	2. VIII. 07: † Typhus	2. VIII. 07: 0	2. VIII. 07: 0	16. VIII. 07
VI. Eduard D.	45	21. VII. 07	9. VIII. 07: † Typhus 1:200; † Paratyph. B 1:100	9. VIII. 07: † Typhus	8. VIII. 07: † Typhus	8. VIII. 07: 0	28. VIII. 07

in den schweren Formen. Bei ihnen ist man in der Lage, in der weitaus größten Anzahl der Fälle die Typhusbazillen aus dem Blute noch während des Lebens auch in den letzten Krankheitswochen zu züchten. In den schweren Fällen sind eben, wie die Typhusautopsien ergeben, die Mesenterialdrüsen ständig verändert und enthalten die Erreger. Diese Anschauung läßt sich schön aus den statistischen Daten beweisen, die W. Veil[1]) auf Grund des Materials der Medizinischen Klinik und der Bakteriologischen Untersuchungsanstalt zu Straßburg aufgestellt hat. Bei mittelschweren Fällen fand man in der 1. Woche bei 21 Patienten die Bazillen 16 Mal im Blute (76 %); in der 2. Woche bei 68 Patienten 46 Mal (68%); in der 3. Woche bei 23 Patienten 9 Mal (40 %); in der 4 Woche bei 7 Patienten 0 Mal. Bei schweren Fällen züchtete man in der 1. Woche bei 7 Patienten 7 Mal (100 %); in der 2. Woche bei 19 Patienten 16 Mal (84%); in der 3. Woche bei 13 Patienten 9 Mal (70%); in der 4. Woche bei 4 Patienten 4 Mal (100 %).

Auf Grund all der angeführten bakteriologischen und auch anatomischen Verhältnisse darf man wohl wieder sagen, daß abgesehen von den immerhin seltenen Fällen, in denen die Krankheit ohne jegliche Beteiligung des Darmes sich als Allgemeininfektion abspielt, der Abdomimaltyphus eine primäre Lokalisation im Lymphapparat des Darmes aufweist.

[1]) W. Veil, Weitere Beobachtungen über Untersuchung des Blutes auf Typhusbazillen und auf Agglutination. Deutsche Medizin. Wochenschr. 1907 No. 36.

Leichenuntersuchungen					
Fäces	Galle	Axillardrüsen	Cervicaldrüsen	Mesenterial-drüsen	Inguinaldrüsen
† Typhus	—	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr viel; vereitert	0
† Typhus	—	—	—	† Typhus mäßig viel; vereitert	0
0	—	0	0	† Typhus viel; vereitert	0
† Typhus	0	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr viel; vereitert	0
† Typhus	† Typhus	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr viel; vereitert	† Typhus sehr wenig
0	† Typhus	† Typhus wenig	† Typhus mäßig viel	† Typhus mäßig viel; hart	† Typhus mäßig viel

Untersuchungen über spezifische Agglomeration und Komplementbindung bei Trypanosomen und Spirochaeten.

Von

Dr. Manteufel,

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Die Beobachtungen über die im Thema angedeuteten beiden Fragen sind im Anschluß an Untersuchungen über Rekurrensimmunität gemacht worden, die ich im Sommer 1907 auszuführen hatte. Als Material standen für den vorliegenden Zweck zwei Trypanosomen- und vier Spirochaetenstämme zur Verfügung, die im bakteriologischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamtes etwa seit Jahresfrist fortgezüchtet werden:

1. Rattentrypanosomen.
2. Dourinetrypanosomen.
3. Hühnerspirochaeten.
4. Zeckenfieberspirochaeten aus Ostafrika (Koch).
5. Spirochaeten der russischen Rekurrens (Obermeier).
6. Spirochaeten aus einem amerikanischen Rekurrensfall (Novy).

Das Agglomerationsphänomen der Trypanosomen ist zuerst von Laveran und Mesnil[1]) im Jahre 1900 bei Rattentrypanosomen genauer beschrieben worden. Seitdem findet sich die interessante Erscheinung in einer Reihe der einschlägigen Arbeiten erwähnt und zum Teil auch eingehender gewürdigt (Laveran et Mesnil[2]), Francis[3]), v. Prowazek[4]), Jürgens[5]) u. a.).

Laveran und Mesnil fanden Agglomerationsformen zuerst in trypanosomenhaltigem Rattenblut, das bei Eisschranktemperatur aufbewahrt worden war. Später konnten sie die gleiche Erscheinung auch willkürlich hervorrufen durch Zusatz normalen Serums von Hund, Kaninchen, Schaf, Pferd und Huhn zu Trypanosomenblut und schließlich konstatieren, daß auch das Serum von Ratten, die eine Infektion mit Rattentrypanosomen überstanden hatten und gegen eine weitere Impfung immun waren,

---

[1]) Comptes rend. de la société de biologie 1900. Séance du 6 Octobre.

[2]) Comptes rend. de la société de biologie 1900. Annales Pasteur 1901, Trypanosomes et Trypanosomiases, Paris 1904.

[3]) Zit. nach Laveran und Mesnil.

[4]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1905.

[5]) Arch. f. Hygiene Bd. 42, 1902.

agglomerierende Fähigkeiten gewonnen hatte[1]). Von anderen Autoren sind nachher auch in der Blutagarkultur der Trypanosomen Agglomerationsformen beschrieben worden, indes erscheint es doch zweifelhaft, ob es sich hier überhaupt um eine Vereinigung vorher frei beweglicher Einzelindividuen zu Häufchen, d. h. um Agglomeration handelt. Nocht und Mayer[2]) geben jedenfalls an, daß sie in Kulturen nur solche Häufchen gesehen haben, deren Trypanosomen das die Geißel tragende Ende, das hier auf derselben Seite wie der Blepharoplast liegt (bei den Trypanosomen des kreisenden Blutes liegt der Blepharoplast auf der dem Geißelende entgegengesetzten Seite), zentralwärts gerichtet hielten, während bei der eigentlichen Agglomeration das Geißelende peripheriewärts und der Blepharoplast zentralwärts liegt. v. Prowazek[3]) hat solche Unterschiede in seinen Kulturen allerdings nicht beobachtet. Novy und Mc. Neal[4]) halten die Trypanosomen-Rosetten im Kondenswasser ihrer Blutagar-Kulturen nicht für Agglomerationsformen, sondern für Entwicklungsstadien.

Im folgenden soll nur von der „spezifischen" Agglomeration, die das Rattenserum in der Folge einer überstandenen Infektion erzeugt, die Rede sein, spezifisch insofern, als man sie wie die Agglutination von Bakterien durch das bezügliche Immunserum als eine Immunitätsreaktion aufzufassen berechtigt ist.

Obgleich ich der Beschreibung des Agglomerationsphänomens durch Laveran und Mesnil[5]), Jürgens[6]) und v. Prowazek[7]) nur wenig Neues hinzuzufügen habe, halte ich es doch zum Verständnis der folgenden Ausführungen für notwendig, diejenigen Punkte, die mir dabei als charakteristisch erscheinen, noch einmal hervorzuheben.

Benutzt man zur Anstellung der Reaktion ein Rattentrypanosomen-Immunserum, das nach 3—4maliger Vorbehandlung der Ratte gewonnen ist, und andererseits Zitratblut, das zahlreiche gut bewegliche Trypanosomen enthält, indem man beides in einem kleinen Reagensröhrchen mischt, so kann man bei der Betrachtung im Mikroskop ziemlich regelmäßig eine eigenartige Häufchenbildung beobachten, die nach etwa $^{1}/_{4}$ Stunde ihren Höhepunkt erreicht.

Ich habe mich des öfteren davon überzeugen können, daß Sera, die nach einmaligem Überstehen der Infektion von weißen Ratten gewonnen waren, keine oder nur eine angedeutete Agglomerationsreaktion gaben, und daß ebenso sonst gut agglomerierende Sera die Reaktion vermissen ließen, wenn man Blut verwendete, das nur geringe Mengen von Trypanosomen enthielt. Vielleicht können diese beiden Beobachtungen die sonst auffällige Tatsache erklären, daß Rabinowitsch und Kempner[8]), die eine ganze Anzahl von Immunseren der Rattentrypanosomiasis untersucht haben, keine „agglutinierende" Wirkung feststellen konnten.

---

[1]) Comptes rendus soc. biol. 1900. Séance du 10 Novembre.
[2]) Kolle-Wassermanns Handb. d. patholog. Mikr. Ergänzungsband I.
[3]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1905.
[4]) Journ. of infect diseases 1907.
[5]) a. a. O.
[6]) Archiv f. Hygiene 1902.
[7]) a. a. O.
[8]) Zeitschrift f. Hygiene Bd. 36.

Bei sofortiger mikroskopischer Betrachtung nach dem Zusatz des Immunserums bemerkt man, daß die vorher planlos umherpeitschenden Trypanosomen plötzlich, wie von einem magnetischen Zentrum angezogen, auf einem Punkt des Gesichtsfeldes zusammenströmen, dort eine Weile durcheinander fahren, sich teilweise wieder von dem Zentrum etwas entfernen, um sogleich dahin zurückzukehren, und schließlich unter fortwährendem Hinzuströmen neuer Individuen mit ihren geißellosen Enden so aneinander haften bleiben, daß sie eine Rosette bilden, die bei der lebhaften Bewegung der einzelnen Tierchen in toto hin- und herbewegt wird. Im gefärbten Präparat sieht man in diesem Falle die peripher gelegenen Geißeln, nach dem Zentrum zu die Blepharoplaste und kann auch die an der Peripherie im Bogen ab- und zuströmenden noch freien Trypanosomen erkennen. Handelt es sich um ein gut agglomerierendes Serum, dann werden aus den anfänglichen Rosetten allmählich größere Haufen, die mehr Knäuelform annehmen.

Gelegentlich kann man bei diesen Häufchen im Färbepräparat nach Giemsa auch den von v. Prowazek beschriebenen „Schleimhauch" im Zentrum der Agglomerate beobachten. Ob man darin aber eine durch Präzipitatbildung entstandene Zwischensubstanz sehen darf, die mit der Häufchenbildung in Zusammenhang zu bringen ist, erscheint mir fraglich, da man im gleichen Präparat schöne, vollkommen ausgebildete Agglomerate zu sehen bekommt, wo sich von dem Schleimhauch nichts findet. Veränderung des Blepharoplasts in Gestalt von Aufteilung und Austritt der Blepharoplastsubstanz, wie sie ebenfalls v. Prowazek bei diesen Agglomeraten beschreibt, habe ich ebenfalls gesehen, indes möchte ich sie mehr mit der trypanoziden als mit der agglomerierenden Funktion des Immunserums in Verbindung bringen. Alles in allem ist mir eine konstante und deutliche Veränderung der agglomerierten Trypanosomen, die man als Ursache für das Zusammenhaften der Agglomerate ansprechen könnte, in Giemsapräparaten nicht aufgefallen.

Die agglomerierten Trypanosomen behalten ihre Bewegungsfähigkeit gewöhnlich sehr lange bei. Wenn man die Reagensröhrchen im Eisschrank verwahrt — bekanntlich können Trypanosomen unter dieser Bedingung wochenlang beweglich bleiben, und jedenfalls viel länger als bei Zimmertemperatur (Laveran und Mesnil[1])) — so kann man auch an den Rosetten unter Umständen mehrere Tage lang Bewegungsvermögen der Trypanosomen beobachten.

Eine Lähmung tritt allerdings doch schließlich eher ein als in Kontrollen, die mit normalem oder auch mit Rekurrens-Rattenserum angesetzt sind, und zwar um so eher, je hochwertiger das Serum ist. Man muß daraus schließen, daß dem Trypanosomen-Immunserum neben der agglomerierenden gleichzeitig auch eine paralysierende Fähigkeit zukommt. Diese letztere hat indes meiner Meinung nach mit der Agglomeration an sich nichts zu tun. Das geht aus folgenden Beobachtungen hervor. Prüft man ein minder kräftig agglomerierendes Serum oder ein gut agglomerierendes in Verdünnungen, die sich dem Grenzwert für die Agglomeration nähern, so kann man gelegentlich eine anfängliche Rosettenbildung in typischer Weise beobachten.

---

[1]) Comptes rendus 1900.

Nach kürzerer Zeit wird die Erscheinung aber undeutlicher, die Anzahl der Trypanosomen in einer Rosette vermindert sich oder die Häufchen lösen sich ganz auf, so daß man bei der Betrachtung eines hängenden Tropfens, der vorher Häufchenbildung gezeigt hat, nur einzelne, und zwar bewegliche Individuen finden kann: es hat eine Desagglomeration stattgefunden.

Das Agglomerationsphänomen hat sich also in diesem Falle ausgebildet und wieder zurückgebildet, ohne daß die Trypanosomen paralysiert worden sind. Diese Erscheinung ist von allen Forschern, die darauf geachtet haben, als auffallend betont worden. (Laveran und Mesnil, Jürgens.) Eine weitere Beobachtung spricht ebenfalls für die oben erwähnte Auffassung. Laveran und Mesnil berichten, daß sie Immunsera der Rattentrypanosomiasis in Händen gehabt haben mit stark paralysierender, und mangelnder agglomerierender Wirkung. Unter den von mir untersuchten Seren sind ebenfalls solche gewesen; es handelte sich dabei gewöhnlich um Sera, die nach 5—6 maliger Vorbehandlung gewonnen waren, also relativ hochwertig waren.

Aus meinen Beobachtungen habe ich vielmehr den bestimmten Eindruck gewonnen, daß die Agglomerationserscheinung nicht nur nicht unter Bewegungslähmung, sondern unter einer Stimulierung des lokomotorischen Apparates eintritt. Man gewinnt diesen Eindruck bereits, wenn man das Zustandekommen der Knäuel unter den gewöhnlichen Bedingungen beobachtet. Viel deutlicher noch tritt die Verstärkung der Beweglichkeit durch die Einwirkung des Immunserums zu Tage, wenn man Trypanosomenmaterial benutzt, das längere Zeit auf Eis aufbewahrt war oder bei Zimmertemperatur gestanden hat. Die sich träge bewegenden Trypanosomen erfahren dann durch den Zusatz von Immunserum einen ganz auffälligen Bewegungsantrieb, der besonders in den ersten Minuten das Bild beherrscht, um im weiteren Verlauf zu der bekannten Rosettengruppierung zu führen. So schöne Agglomerate wie bei der Benutzung ganz frischen Materials mit gut beweglichen Trypanosomen kommen unter dieser Bedingung allerdings nicht mehr zustande.

Man kann die spezifische Rosetten- bezw. Knäuelbildung der Trypanosomen auch gut beobachten, wenn man einer ein- bis zweimal vorbehandelten Ratte intraperitoneal Trypanosomenmaterial einverleibt und nach einigen Minuten das mittels Kapillare entnommene Bauchhöhlenexsudat mikroskopiert. Die Deutlichkeit der Erscheinung läßt dabei nichts zu wünschen übrig. Das Verhalten der Trypanosomen in der Bauchhöhle der immunen Ratte kann unter dieser Bedingung öfters mehrere Tage lang beobachtet und festgestellt werden, daß hier in den späteren Stadien regelmäßig Desagglomeration eintritt.

Als ein für die Theorie der Agglomeration besonders wichtiger Punkt erscheint mir die Frage, ob die Erscheinung auch beim Zusammenwirken von totem Trypanosomenmaterial und Immunserum erzielt werden kann. Laveran und Mesnil haben die Frage zwar in positivem Sinne beantwortet, indes machen sie die Einschränkung, daß „die Agglomeration nicht mehr den bekannten Charakter habe. Die Einzelindividuen sind dabei nämlich gänzlich ohne Ordnung gelagert“. Nach der

Beobachtung der beiden Autoren bilden die toten Trypanosomen keine Rosetten oder Knäuel, sondern mehr Netze mit mehr oder weniger engen Maschen, oder ziemlich dichtgefügte Haufen, in denen die einzelnen Elemente eine ganz regellose Anordnung zeigen. (Vergl. „Trypanosomes et Trypanosomiases“ S. 81/82.)

Zur Abtötung der Trypanosomen wurden von den beiden Autoren in diesen Versuchen Chloroformdämpfe bezw. Formaldehydlösung benutzt. Nun hat die Einwirkung des Chloroforms nach den Angaben von Laveran und Mesnil eine baldige Deformierung und Granulabildung der abgetöteten Trypanosomen im Gefolge. Das kann ich bestätigen. Bei der Abtötung durch Formaldehydzusatz bleibt zwar die äußere Form der Trypanosomen besser erhalten, dagegen tritt eine sehr störende Verklumpung, ähnlich der Agglutination von Bakterien durch Chemikalien, ein. Aus diesen Gründen schien mir zur Entscheidung der Frage, ob abgetötete Trypanosomen agglomeriert werden, weder die Verwendung von Chloroform noch von Formaldehyd zweckmäßig zu sein. Ich habe darum Blut benutzt, in dem die Trypanosomen durch $^1/_2$—$^3/_4$ stündiges Erwärmen auf 45° immobilisiert waren. Dabei konnte ich die Beobachtung machen, daß vollständig unbewegliche Trypanosomen unter der Einwirkung von Immunserum, das lebende Trypanosomen kräftig agglomeriert, das oben beschriebene Phänomen nicht geben bezw. keine Beeinflussung erfahren, die man als spezifische Agglomeration ansprechen kann. Benutzt man für solche Versuche Blutproben, in denen einzelne Trypanosomen noch leidliche Bewegungen ausführen, so tritt unter dem Zusatz von Immunserum auch hier eine Stimulierung der Bewegungsfähigkeit ein, die zu einer geringen Rosettenbildung führt. Es sind aber, wie gesagt, nur die beweglichen Trypanosomen dieser Veränderung unterworfen, während die vollständig unbeweglich bleibenden isoliert neben den Rosetten liegen. Bei längerer Beobachtungsdauer sieht man dann wohl auch unregelmäßige netzartig gefügte Haufen auftreten, die aber in Kontrollen ohne Serumzusatz auch beobachtet werden können, also nichts Spezifisches darstellen und die charakteristische Rosettenbildung vermissen lassen.

Nach diesen Beobachtungen müßte man m. E. die spezifische Agglomeration als eine Erscheinung auffassen, die an die Vitalität und Bewegungsmöglichkeit der Trypanosomen gebunden ist, mit dem fortschreitenden Absterben dieser Lebewesen im Reagensglas eine zunehmende Einbuße erfährt und schließlich nicht mehr auftritt, wenn die Bewegungsmöglichkeit erloschen ist. Häufchen und Netze, die bei Benutzung von völlig abgestorbenem Material auftreten, sind spontane Verklumpungen, die mit dem spezifischen Agglomerationsphänomen nichts gemein haben oder auf Einwirkung der zur Abtötung benutzten Chemikalien beruhen.

Was nun die Agglomeration der Spirochäten durch spezifisches Serum anlangt, so hat Melkich[1]) das Phänomen bei Rekurrens-Spirochaeten im Jahre 1900 genauer studiert, ferner ist in der 1906 erschienenen Arbeit von Novy und Knapp[2]) der „Agglu-

[1]) Zit. nach Wladimiroff in Kolle-Wassermanns Handbuch Bd. IV.

[2]) Journ. of infect. diseases 1906.

tination“ ein Kapitel gewidmet. Über Agglutination der Geflügelspirochaeten finden sich in den meisten Arbeiten, die sich mit der Immunität dieser Erkrankungen befassen, Beobachtungen; ich erwähne nur die Untersuchungen von Gabritschewsky über Gänsespirochäten[1]), von Levaditi über Hühnerspirochaeten[2]) und von Neufeld und v. Prowazek über die Immunitätserscheinungen bei derselben Krankheit[3]).

In einer früheren Mitteilung[4]) habe ich zu der Agglomerationserscheinung bei Rekurrens-Spirochaeten ebenfalls einen Beitrag geliefert und auf die Beziehungen dieser Erscheinung zur Agglomeration der Trypanosomen hingewiesen. Nachdem mir nun Beobachtungen mit dem Immunserum der Hühnerspirochaeten den Beweis geliefert haben, daß sich die spezifische Agglomeration hier unter dem gleichen Bilde abspielt wie bei den Spirochaeten des Rückfallfiebers, habe ich an dieser Stelle noch einmal diejenigen Merkzeichen zusammenzufassen, die mir eine prinzipielle Anologie der Spirochaeten- und Trypanosomenagglomeration zu beweisen scheinen.

Eine auffällige Ähnlichkeit der beiden Erscheinungen wird man sogleich gewahr, wenn man Gelegenheit hat, im Mikroskop zu beobachten, wie unter dem Einfluß von Immunserum der Hühnerspirochaetose bezw. der Rekurrens (man verwendet auch hier am besten immer homologes Material, z. B. Rekurrensimmunserum von Ratten und spirochaetenhaltiges Rattenblut, um Blutkörperchenagglutination zu umgehen) die planlos durcheinander fahrenden Spirochaeten plötzlich zielbewußt auf einzelne Attraktionszentren zusteuern, sich dort sammeln und unter Verklebung ihres einen Endes Sterne bilden, die mit den Rosetten der Trypanosomenagglomeration alle Eigentümlichkeiten gemeinsam haben. Dazu rechne ich vor allem die unbeeinträchtigte Beweglichkeit der agglomerierten Lebewesen, die sowohl der Spirochaeten- als auch der Trypanosomenagglomeration ein so charakteristisches Gepräge gibt. Eine weitere Analogie besteht in diesem Falle ferner in der weitgehenden Desagglomeration, die unter Umständen eine völlige Wiederauflösung der anfänglich gebildeten Sterne in einzelne freie und bewegliche Spirochaeten zustande kommen läßt. Man kann also auch hier die Beobachtung machen, daß die Agglomeration nicht mit Bewegungslähmung verbunden ist. Vielmehr tritt auch hier die Reaktion unter energischem Bewegungsantrieb ein, was man besonders auffällig dann beobachten kann, wenn das Spirochaetenmaterial durch längeres Verweilen bei Zimmertemperatur eine Beeinträchtigung der Beweglichkeit erfahren hat.

Handelt es sich um stark agglomerierende Sera, dann sieht man bei Verwendung konzentrierter Serumproben weniger sternförmige Agglomerate, sondern mehr große kreisrunde Haufen mit randständigen radial gerichteten Ausläufern, für die Wladimiroff den Vergleich mit „ausgezupften Filzstückchen“ angewendet hat. Diese Gebilde würden also mit den großen Knäueln in Parallele zu setzen sein, die man bei Trypanosomen unter der Einwirkung stark agglomerierender Sera auftreten sieht. Ebenso wie diese Knäuel aus anfänglichen Rosetten entstanden sind, sind auch

---

[1]) Zentralbl. f. Bakt. 1898. Bd. 23.
[2]) Annales Pasteur 1904. Bd. 18.
[3]) Diese Arb. Bd. 25 1907.
[4]) Diese Arb. Bd. 27 1907.

bei den Spirochaeten die kreisrunden Häufchen aus anfänglichen Sternen hervorgegangen. Im Färbepräparat kommt die konzentrische Anordnung dabei nicht mehr in Strahlenform zum Ausdruck, sondern in der kreisrunden Konfiguration der Häufchen. Diese regelmäßige Gruppierung unterscheidet denn auch die spezifischen Agglomerate von der spontanen Zusammenlagerung, die man bei Spirochaeten ebenso wie bei Trypanosomen in länger aufbewahrtem Blut beobachten kann, indem letztere gewöhnlich eine unregelmäßige Form annehmen mit mehr oder weniger netzartigem Gefüge.

Als weiteres gemeinsames Charakteristikum der Spirochaeten- und Trypanosomenagglomeration erwähne ich den Umstand, daß man ebenso, wie ich es oben bei den Trypanosomen angegeben habe, auch hier typische Agglomerate erzielen kann, wenn man immunen Ratten Rekurrensspirochaeten intraperitoneal injiziert und das Exsudat untersucht. Es ist dabei indes nicht mit Sicherheit zu entscheiden, ob die Häufchen erst bei der Anfertigung der mikroskopischen Präparate gebildet werden oder bereits „in vivo", wie Novy und Knapp[1]) daraus schließen.

Wenn man von den oben erwähnten netzartigen Formen der Zusammenlagerung absieht, wie sie im aufbewahrten spirochaetenhaltigen Blut spontan auftreten und auch dann erscheinen, wenn man frisches Spirochaetenblut behufs Abtötung mit Formaldehydlösung versetzt, so muß man auch hier feststellen, daß abgestorbenes oder abgetötetes Material eine typische Agglomerationsreaktion nicht gibt. Die Erscheinung ist ebenso, wie ich es für Trypanosomen oben ausgeführt habe, streng an die vitale Bewegungsfähigkeit gebunden.

Damit ergeben sich meiner Meinung nach ganz auffällig nahe Beziehungen zwischen der Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten, die um so interessanter sind, als sie von dem Bilde der Verklumpung beweglicher bakterieller Lebewesen durch Immunserum in manchen Punkten abweichen und dem Begriff Agglutination in seiner jetzigen Fassung nicht gerecht werden, wie ich im folgenden ausführen werde.

Laveran und Mesnil gebrauchen die Ausdrücke Agglomeration und Agglutination der Trypanosomen synonym. Gleichwohl weisen sie darauf hin, daß die Agglutination ohne Bewegungslähmung eine Ausnahme von der Regel ist. Sie schließen aus diesem Verhalten, daß bei gewissen Seris die agglutinierenden und paralysierenden Stoffe verschieden sein müssen. „Die Geschichte der Trypanosomenagglomeratien", sagen sie weiter, „bildet ein sehr interessantes Kapitel in der Frage der Agglutination überhaupt." (Comptes rendus 1900 S. 942.)

Jürgens äußert sich auf S. 285 seiner Arbeit[2]) folgendermaßen: „Worauf übrigens diese Knäuelbildung der Trypanosomen — nämlich durch Einwirkung von Immunserum — beruht, ist noch völlig dunkel. Es mag ja nahe liegen, an eine Ähnlichkeit mit der Agglutination der Bakterien zu denken, aber einen tatsächlichen Anhalt für die Verwandtschaft dieser beiden Vorgänge haben wir bisher nicht."

---

[1]) Journal of infect. diseases 1906.

[2]) Archiv f. Hygiene 1902. Bd. 42.

v. Prowazek, der in Kapillarröhrchen beim Studium der Rattentrypanosomen spontane Agglomeration gesehen hat, glaubt ebenfalls, daß die Identität beider Vorgänge — Protozoenagglomeration und Bakterienagglutination — nicht über alle Zweifel sicher festgestellt ist, und hält es darum für zweckmäßiger, das Phänomen bei den Trypanosomen nicht als Agglutination, sondern als Agglomeration zu bezeichnen.

Was die Spirochaeten anlangt, so hat Gabritschewsky[1]) die bei der Gänsespirochaetose gegen das Ende der Infektion hin im Blut auftretenden Häufchen als Agglutination angesprochen, ebenso hält Melkich[2]) sowie Novy und Knapp[3]) die im Reagensglas unter dem Einfluß des Rekurrens-Immunserums auftretende Häufchenbildung für Agglutination. Desgleichen hat man dieselben Erscheinungen bei Hühnerspirochaeten unter den Begriff Agglutination gebracht.

In einer früheren Arbeit[4]) habe ich bereits Bedenken gegen diese Auffassung geltend gemacht.

Unter Agglutination versteht man eine „Verklumpung von frei in einer Flüssigkeit suspendierten Bakterien und eine Immobilisierung derselben, sofern sie vorher beweglich waren“[5]). Das Zustandekommen einer spezifischen Agglutination erklärt man sich durch den Eintritt einer physikalisch-chemischen Zustandsänderung der betr. Bakterien, die in der Entstehung einer Verbindung zwischen agglutinierender Substanz des Serums und der agglutinablen Substanz der Bakterien bei Anwesenheit von Kochsalz ihren Grund hat. Beim Zustandekommen der Verklumpung spielen die Bakterien also, auch wenn es sich um solche mit Eigenbewegung handelt, eine im wesentlichen passive Rolle, indem sie nach dem Eintritt der Verbindung Agglutinin-Kochsalz = Agglutinogen immobilisiert und ausgefällt werden. Das geht auch daraus hervor, daß von Natur aus unbewegliche Bakterien typisch agglutiniert werden.

Damit ergeben sich gegenüber dem Phänomen der Trypanosomen- und Spirochaetenagglomeration einige Differenzen. Hier erfahren nämlich die Mikroorganismen durch das Immunserum zunächst eine erhöhte Beweglichkeit, unter der sie sich an einzelnen Zentren zusammenscharen und dort Sterne und Knäuel bilden. Ist dieser Bewegungsantrieb nur ein schwacher, wie z. B. bei Benutzung von wenig wirksamen Immunseren, dann kommt es nur zu einer vorübergehenden Häufchenbildung, und es tritt später eine Desagglomeration ein. Aus diesem Grunde verläuft die Häufchenbildung bei Trypanosomen und Spirochaeten in der Nähe der Grenzwerte eines agglomerierenden Serums ganz anders als die Agglutination. Während im letzteren Falle unter Umständen eine geraume Zeit vergeht, bis es zur Verklumpung der Bakterien kommt und eine Desagglutination in auffälligem Grade nicht in die Erscheinung tritt, finden wir bei der Agglomeration das Gegenteil, nämlich eine anfängliche sofort einsetzende Sternbildung, die nach kurzer Zeit eine völlige Rückbildung erfährt.

Mit dieser Auffassung von der aktiven Beteiligung der Trypanosomen und

---

[1]) Zentralbl. f. Bakt. 1898. Bd. 23.
[2]) Vergl. nach Wladimiroff in „Kolle-Wassermann“, Handb. d. path. Mikr. Bd. IV.
[3]) Journ. of infect. diseases 1906.
[4]) Diese Arb. Bd. 27. H. 2.
[5]) Paltauf in „Kolle-Wassermann“, Handbuch d. path. Mikr. Bd. IV, S. 649.

Spirochaeten an der Bildung der Agglomerate stimmt auch ein weiterer Punkt überein, der diese Erscheinung von der Agglutination unterscheidet, nämlich die Unmöglichkeit das Phänomen mit totem Trypanosomen- bezw. Spirochaetenmaterial zu erzielen. Bekanntlich leidet die Agglutinabilität der Bakterien durch Abtötung mittels Formaldehydlösung, Chloroform oder Erhitzen auf 60° gewöhnlich nicht. Dagegen läßt die Knäuelbildung bei Trypanosomen und Spirochaeten bereits ganz erheblich zu wünschen übrig, wenn man schlecht bewegliches Material benutzt, und bleibt ganz aus, wenn die Bewegungsfähigkeit erloschen ist. Die Erscheinung ist also zum Unterschied von der Agglutination ein an die Bewegungsmöglichkeit gebundener Vorgang.

Ferner sehe ich einen Unterschied der beiden in Frage stehenden biologischen Reaktionen darin, daß die Immobilisierung beweglicher Bakterien zu dem Begriff Agglutination (vgl. Paltauf im Handb. v. Kolle-Wassermann) gehört, während die Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten nicht mit Bewegungslähmung verbunden ist. Zwar kann man auch im Verlauf der Agglomerationsprüfung bei Verwendung hochwertiger Seren eine Immobilisierung beobachten, indes hat sie mit dem Phänomen an sich nichts zu schaffen, ist vielmehr eine Funktion des parasiticiden Immunkörpers, der sich neben der agglomerierenden Substanz im Immunserum findet. Es geht das einmal aus der von Laveran und Mesnil zuerst mitgeteilten Beobachtung hervor, daß sie hochwertige Immunsera der Rattentrypanosomiasis untersucht hätten, die wohl kräftige paralysierende, aber keine agglomerierende Wirkung gehabt hätten. Diese Beobachtung kann ich bestätigen.

Man könnte hier einwenden, daß es auch bakterielle Immunsera gibt, die gelegentlich Agglutination vermissen lassen und nur paralysierend wirken. Namentlich bei Anstellung der Gruber-Widalschen Reaktion mit Typhusbazillen hat man öfter Gelegenheit solche Sera zu finden. Es kann z. B. vorkommen, daß das Serum eines typhusverdächtigen Menschen in der Verdünnung $^1/_{50}$ Typhusbazillen agglutiniert, während der hängende Tropfen in der Verdünnung $^1/_{100}$ nur immobilisierte, aber keine agglutinierten Bakterien zeigt. Hier handelt es sich also gewöhnlich um schwach wirksame oder um derartige Verdünnungen agglutinierenden Immunsera, die in der Nähe des Grenzwertes für die Agglutination liegen. Die Paralysierung ist hier als Ausdruck einer unvollkommenen Agglutination aufzufassen. So liegen die Verhältnisse bei den betr. Trypanosomen-Immunseren aber nicht, denn hier handelt es sich im Gegenteil immer um hochwertige Sera oder prägnanter um solche, die nach öfterer Vorbehandlung von Ratten gewonnen worden sind. Ich habe wiederholt die Beobachtung gemacht, daß Sera von Ratten, die nach 1—2 maliger Vorbehandlung leidlich agglomerierten, diese Wirkung einbüßten, wenn man die Tiere weiter behandelte; alsdann trat die vorher nur schwache paralysierende Fähigkeit des Serums in den Vordergrund. Die Paralysierung ohne Verklumpung ist also hier nicht ein Zeichen schwacher unvollkommener Agglomeration, denn die Fähigkeit ist vorher bereits in stärkerem Grade vorhanden gewesen.

Noch ein zweiter Unterschied kommt hier in Betracht. Die paralysierende Fähigkeit der Spirochaeten bezw. Trypanosomen-Immunsera ist von der Gegenwart

eines Komplements abhängig. Neufeld und v. Prowazek[1]) haben das für das Immunserum der Hühnerspirochätose bewiesen, indem sie das Komplement durch ein Antikomplement absättigten. Dasselbe Verhalten konnte ich am Immunserum der Rattentrypanosomiasis und der Rekurrens feststellen. Bringt man ein derartiges inaktiviertes Immunserum mit infiziertem Blutplasma zusammen, das vorher mit Rattenantiserum (Huhn) gemischt und im Eisschrank stehen gelassen war, so bleiben die Trypanosomen und Spirochaeten ebensolange beweglich wie in den Kontrollen. Dagegen ist die Agglomerationserscheinung von der Gegenwart eines Komplements nicht abhängig, sondern tritt auch ohne ein solches auf. Bekanntlich verhält sich die Sache bei der Immobilisierung, wie man sie mit dem Agglutinationsphänomen vergesellschaftet findet, anders. Hier ist die paralysierende Fähigkeit des Serums unabhängig von der Komplementgegenwart und tritt auch bei der Verwendung inaktivierten Immunserums ein. Die Immobilisierung gehört also zum Begriff Agglutination (vergl. Paltauf) und ist bei den bekannten bakteriellen Immunseren unabhängig von der Mitwirkung eines Komplements, während sie mit der Agglomerationserscheinung bei Spirochaeten und Trypanosomen nichts zu tun hat, sondern hier eine komplexe Wirkung des Immunserums darstellt und die Gegenwart vom Komplement erfordert.

Ein auffälliges Verhalten der Trypanosomen und Spirochaeten bezüglich der Agglomeration finde ich auch darin, daß man bei der Einverleibung von infiziertem Blut in die Bauchhöhle immuner Tiere ganz typische Agglomerate zu sehen bekommt, wenn man bald danach mittels Kapillare Blut aus der Bauchhöhle entnimmt. Bei den bekannten Bakterien ist Agglutination unter diesen Bedingungen bisher wohl nicht beschrieben worden.

Schließlich muß ich noch hinzufügen, daß ich bei der Mischung von Immunseren und Extrakten aus Trypanosomen- und Spirochaetenmaterial, wie sie für die im folgenden zu besprechenden Komplementbindungsversuche benutzt wurden, in zahlreichen Versuchen niemals Präcipitatbildung beobachten konnte, obgleich diesen Extrakten Antigeneigenschaften zukommen insofern, als man damit bis zu einem gewissen Grade immunisieren kann. Man vermißt hier also den zwischen Agglutination und Präzipitation festgestellten kausalen Zusammenhang. Die letztere Feststellung scheint mir auch im Hinblick auf die Mitteilung von Fornet und Schereschewsky (Münch. med. Wochschr. 1907) interessant, die im Blutserum von Luetikern Präzipitogene gefunden haben wollen, die mit den Seren abgelaufener Syphilisfälle Präzipitate geben. Auch Mayer (zit. nach Nocht und Mayer im Handb. v. Kolle-Wassermann Ergänzb. I) hat bekanntlich bei Nagana spezifische Präzipitate beobachtet.

Im Hinblick auf die Tatsache, daß die Spirochaeten und Trypanosomen durch längeres Verweilen außerhalb des Tierkörpers an Agglomerabilität verlieren, und daß sie, durch Erwärmung abgetötet, überhaupt nicht mehr in typischer Weise agglomeriert

[1]) Diese Arb. 1907.

werden, war es weiter von Interesse zu prüfen, ob man mit abgetötetem Material spezifisch agglomerierende Sera gewinnen kann. Zu diesem Zweck wurden Ratten mit Rekurrensblut behandelt, in dem die Spirochaeten infolge ca. 14tägigen Verweilens im Eiskasten abgestorben waren, ferner mit Material, das bei 37° (4—6 Stdn.) und bei 50° (1 Stde.) abgetötet worden war. Die Sera dieser Ratten ließen gewöhnlich spezifische Agglomeration erkennen. Dagegen haben Ratten, die mit auf 60° (1 Stde.) erhitztem Rekurrensblut in der gleichen Menge behandelt worden waren, keine agglomerierenden Sera geliefert.

Bekanntlich liegen auch in dieser Beziehung die Verhältnisse bei der Agglutination der Bakterien anders, indem man in vielen Fällen gerade mit bei 60° abgetöteten Bakterien gut agglutinierende Sera gewinnt. Will man also die bei der Agglutination übliche Vorstellungsweise auch auf die Agglomeration der Spirochaeten übertragen, so muß man danach annehmen, daß nicht nur die funktionelle Gruppe der agglomerablen Substanz, wie wir oben gesehen haben, sondern auch die haptophore Gruppe viel labiler ist als bei der agglutinablen Substanz der Bakterien. Weitere Untersuchungen müßten allerdings erst den Beweis erbringen, ob eine derartige Vorstellung des Mechanismus der Agglomeration überhaupt gerechtfertigt ist.

Erwähnt mag noch sein, daß ich durch intravenöse Vorbehandlung eines Huhnes mit im ganzen 12 ccm Hühnerspirochaeten-Immunserum keinen die Agglomeration hemmenden Antikörper erhalten habe. Dabei könnte daran erinnert werden, daß auch die Darstellung eines Antiagglutinins bisher nicht gelungen ist.

Für das Verständnis des eigentlichen Wesens der Agglomerationsreaktion ist mit allen diesen Feststellungen allerdings nur soviel gewonnen, daß gewisse nahe Beziehungen zu der Agglutination aufgedeckt werden. Auch anderweitige Analogien, auf die hier nicht weiter eingegangen ist, lassen vermuten, daß die Agglomerationsreaktion dem gleichen physikalischen Prinzip ihre Entstehung verdankt. Indes lassen es die hier besprochenen Unterschiede m. E. doch als gerechtfertigt erscheinen, im Interesse einer weiteren Klärung der Erkenntnis die in Frage stehende Erscheinung bei Trypanosomen und Spirochaeten nicht mit der bekannten Agglutination zu identifizieren. Nach dem Vorschlage von Prowazeks habe ich hier daher immer von Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten gesprochen, ein Ausdruck, mit dem man eine so prägnante Vorstellung, wie sie dem Begriff Agglutination zukommt, nicht verbindet.

Bei Lebewesen von zweifelloser bakterieller Natur ist eine Agglutinationsreaktion mit den Eigentümlichkeiten der hier geschilderten Trypanosomen- bezw. Spirochaeten-agglomeration meines Wissens nicht bekannt. Dagegen halte ich es für sehr interessant, an Beobachtungen zu erinnern, die Ledoux-Lebard im Jahre 1902 in den Annales de l'institut Pasteur mitgeteilt hat. Die betr. Arbeit, im Laboratorium von Roux angefertigt, beschäftigt sich mit dem Einfluß verschiedener Sera auf Paramaecien (Paramaecium caudatum), Infusorien mit lebhafter Eigenbewegung. Der Autor hat dabei unter dem Einfluß von verdünntem Meerschweinchenserum Sternbildung der

vorher frei beweglichen Infusorien beobachtet, die er mit der Trypanosomenagglutination in Parallele setzt. Ohne auf die Einzelheiten dieser sehr interessanten Arbeit einzugehen, möchte ich nur feststellen, daß es sich hier ebenfalls um eine Agglutination ohne Immobilisierung und mit öfters nachfolgender Wiederauflösung in bewegliche Einzelformen handelt.

Auch eine Arbeit von Rößle [1]) muß in diesem Zusammenhang Erwähnung finden. Rößle hat versucht, durch Behandlung von Kaninchen und Meerschweinchen mit Infusorien (Paramaecium caudatum und Glaucoma scintillans) spezifische Sera zu gewinnen. Dabei beschreibt er als spezifische Wirkung dieser Immunsera auch eine Agglutination. Unter dem Begriff Agglutination ist aber nur ein Klebrigwerden der Oberfläche gemeint, wodurch die Infusorien Neigung bekommen, an den Wänden des Reagenzglases, an Fremdkörperchen und sonstigen festen Bestandteilen haften zu bleiben. Auch hier ist die Beweglichkeit nicht aufgehoben, da die Infusorien lebhafte Anstrengungen machen, loszukommen. Die von Ledoux-Lebard beschriebene strahlenförmige Gruppierung scheint der Verfasser nicht beobachtet zu haben. Dagegen beschreibt er als Immunserumwirkung noch eine anfängliche Stimulierung des ganzen lokomotorischen Apparates, die mehrere Minuten lang andauern kann und die Infusorien zunächst zu ganz vehementen Bewegungen antreibt, die einer allmählichen Lähmung Platz machen. Auch Rößle bringt die Agglutinationserscheinungen seiner Immunsera zu der Trypanosomenagglutination in Beziehung, ohne es m. E. hinreichend zu begründen. Indes scheinen auch mir, namentlich auf Grund der Beobachtungen von Ledoux-Lebard, bei der Sternbildung der Paramaecien die gleichen Verhältnisse vorzuliegen, wie sie bei der Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten ins Auge fallen. Diese Analogie dürfte um so interessanter sein, als man, wie oben erwähnt, bei Mikroorganismen von zweifelloser bakterieller Natur ein entsprechendes Phänomen nicht beobachtet hat.

Auch das, was Zabolotny und Maslakowetz [2]) jüngst als Agglutination bei der Spirochaeta pallida durch Serum von Personen, die längere Zeit an Syphilis gelitten haben, beschrieben, erinnert die beiden Verfasser an die Trypanosomenagglomeration und scheint mir mit den Erscheinungen, die ein agglomerierendes und parasitizides Rekurrensspirochaetenserum gegenüber diesen Lebewesen hervorbringt, gut übereinzustimmen.

Über die Protozoennatur der Trypanosomen und Paramaecien herrscht eine Meinungsverschiedenheit nicht, dagegen ist zur systematischen Stellung der Spirochaeten noch nicht das letzte Wort gesprochen. Die Gründe, die man für die eine oder andere Ansicht ins Feld geführt hat, stützen sich hauptsächlich auf morphologische und entwicklungsgeschichtliche Tatsachen. Bereits in meiner früheren Arbeit [3]) habe ich die Ansicht geäußert, daß die Immunitätsreaktionen gegen eine Spirillennatur der Rekurrensspirochaeten, d. h. gegen ihre Zugehörigkeit zu Bakterien sprechen. Diese Ansicht finde ich vor allem an den vor-

---

[1]) Archiv f. Hygiene 1905, Bd. 54.

[2]) Zentralbl. f. Bakt. 1907, Bd. 44.

[3]) a. a. O.

liegenden vergleichenden Untersuchungen über Agglomeration bei Spirochaeten und Trypanosomen bestätigt.

Seitdem Wassermann und seine Mitarbeiter, sowie Neißer und Sachs das von Bordet und Gengou beschriebene Phänomen der Komplementbindung für diagnostische Zwecke nutzbar gemacht haben, steht diese biologische Reaktion im Mittelpunkt des Interesses. Namentlich die von Wassermann auf diesem Prinzip aufgebaute Reaktion auf Syphilis hat der Immunitätsforschung, wie man aus der umfangreichen Literatur der letzten beiden Jahre über diesen Gegenstand ersehen kann, neue Bahnen gewiesen. Neben manchen ablehnenden Urteilen, auf die einzugehen hier nicht der Ort ist, sprechen die Arbeiten von Marie und Levaditi[1]) sowie von Morgenroth und Stertz[2]) und in gewissem Sinne auch die Mitteilung von L. Michaelis[3]) ganz wesentlich zugunsten der Wassermannschen Auffassung. Ein gründlicher Einblick in das Wesen der Reaktion, der alle Zweifel an ihrer Specifität beseitigen könnte, ist indes bisher nicht gewonnen worden. Vor allem kennt man bei der Reaktion auf Syphilis weder das Antigen noch den Antikörper, deren Bindung Komplementschwund bedingt. Bei Benutzung von kultivierbaren Bakterien bezw. deren Extrakten und den bezüglichen Immunseren liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse im allgemeinen günstiger. Hier läßt sich die spezifische Einwirkung von Antigen und Antiserum mit Hülfe sonstiger Immunitätsreaktionen beweisen und kontrollieren. Das ist bei der Syphilis aber z. Z. nicht der Fall.

Wenn nun auch die Ausdehnung biologischer Untersuchungsmethoden auf solche Krankheiten, mit deren Erregern man nicht in der bequemen Weise experimentieren kann wie mit Reinkulturen von Bakterien, eine willkommene Erweiterung unserer diagnostischen Hilfsmittel bedeutet, so wird anderseits gerade dadurch auch der Wunsch angeregt, die Sicherheit der Reaktion bei Erregern, die dem der Syphilis nahestehen, auf die Probe zu stellen, deren Immunitätsreaktionen im Reagensglas oder im Tierversuch jederzeit kontrolliert werden können.

Nach dieser Richtung schien das Studium der Komplementbindung bei Hühnerspirochaeten und bei Rekurrensspirochaeten interessant und aussichtsvoll zu sein. Hier handelt es sich nämlich einmal um Lebewesen, die der Syphilisspirochaete morphologisch nahestehen und mit denen man infolge der Möglichkeit einer Anreicherung im kreisenden Blut besser als wie mit der Spirochaeta pallida experimentieren kann. Anderseits haben wir in diesen Fällen Antisera, deren spezifische Wirkungen man bequem nachweisen kann. Die gleichen Untersuchungen bei Trypanosomen dürften eine wesentliche Ergänzung darstellen, da man bei der Trypanosomiasis der Ratten ebenfalls eine volle Immunität kennt und die Wirkung des Immunserums ebenfalls im Reagensglas und im Tierversuch demonstrieren kann. Die Trypanosomen-Untersuchungen ließen auch in praktischer Beziehung Aufschlüsse erwarten, da man über die verwandtschaftlichen Beziehungen der verschiedenen Trypanosomen und über die Immunitätsverhältnisse dabei nur unklare Vorstellungen hat.

---

[1]) Annales Pasteur 1907.
[2]) Virchows Archiv 1907.
[3]) Berl. klin. Wochenschr. 1907.

Über das der spezifischen Komplementbindung zugrunde liegende Prinzip und die zu seinem Verständnis supponierten theoretischen Vorstellungen brauche ich mich hier kaum zu verbreiten; in den einschlägigen Arbeiten findet sich das Erforderliche überall mehr oder weniger eingehend erörtert.

In bezug auf die Technik der Versuche habe ich mich an die Angaben von Wassermann gehalten und sonderlich die Momente in Rücksicht gezogen, die in der Arbeit von Wassermann, Neisser, Bruck und Schucht[1]) als Fehlerquellen der Reaktion angeführt sind. Daß die Methodik eine ganz außerordentliche Rolle spielt, wenn man es nicht mit Reinkulturen von Bakterien, sondern mit Extrakten aus nicht züchtbaren Mikroorganismen zu tun hat, und erst an dem unbefriedigenden Ausfall einer großen Anzahl von Vorversuchen in der Vollkommenheit erlernt werden kann, daß man nähere Schlüsse daraus ziehen darf, muß ausdrücklich betont werden.

Als Antigen wurden Extrakte aus Blut und aus den inneren Organen infizierter Tiere verwendet. Um sie möglichst konzentriert zu gewinnen, wurden die infizierten Tiere immer erst auf der Höhe der Infektion benutzt.

Die Blutextrakte wurden so hergestellt, daß je eine Ratte direkt in ein steriles Erlenmeyer-Kölbchen entblutet wurde, das 10 ccm steriles destilliertes Wasser und Glasperlen enthielt. Bei den Versuchen mit Hühnerspirochaeten wurden etwa 3—4 ccm Blut auf 10 ccm destilliertes Wasser genommen. In einer größeren Reihe von Versuchen wurde auch nur 5 ccm Wasser auf die gleiche Blutmenge berechnet, indessen schien mir die ersterwähnte Mischung bessere Resultate zu geben, zumal man für den Versuch nur entsprechende Verdünnungen dieser Extrakte anwenden konnte, da sie in stärkerer Konzentration an und für sich die Hämolyse hemmten. Die Mischung wurde nun 24 Stunden im Schüttelapparat kräftig geschüttelt, darauf 5 %ige Karbolsäurelösung zugesetzt in der Menge, daß eine 0,5 %ige Lösung resultierte und schließlich durch mehrstündiges Zentrifugieren geklärt. Extrakte, die 48 Stunden geschüttelt worden waren, ließen keine wesentlichen Unterschiede zutage treten und wurden darum nicht weiter benutzt.

Die Extrakte aus Rattenorganen wurden durch Verreiben sämtlicher mit der Scheere zerkleinerten inneren Organen einer entbluteten Ratte mittels Glasscherben im sterilen Mörser und 24stündiges Ausschütteln mit 20 ccm destilliertem Wasser in einem Glasperlen enthaltenden Kölbchen gewonnen. Darauf wurde wieder Karbolsäure zugesetzt und zentrifugiert. Zur Bereitung der Extrakte aus Hühnerorganen diente lediglich Lebersubstanz. Es wurde hier darauf geachtet für die Verarbeitung des Versuchs- und Kontrollextraktes gleiche Gewichtsmengen der Substanz zu benutzen (etwa 10 g).

Mit Rücksicht auf die Beobachtung Wassermanns und seiner Mitarbeiter, daß die Extrakte aus den Lebern syphilitischer Foeten nicht immer sehr haltbar sind, wurden prinzipiell für jeden Versuch neue Extrakte hergerichtet.

Auf diese Weise ist eine recht erhebliche Anzahl von Extrakten und Seren in Bezug auf Komplementbindung untersucht worden.

Anfänglich wurden auch Schüttelextrakte aus angetrocknetem Blut (37°) mit physiologischer Kochsalzlösung und mit destilliertem Wasser angefertigt; da ihr An-

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 1906.

tigengehalt geringer zu sein schien, wurden sie nicht für die hier mitgeteilten Versuchsreihen verwendet.

Die Blutextrakte infizierter Tiere zeigen ihre Antigeneigenschaften — ich halte diese Feststellung bezüglich der Beurteilung der Versuche für wichtig — daran, daß sie bei subkutaner Einverleibung im Tierkörper eine gewisse aktive Immunität erzeugen. Die Organextrakte haben diese Fähigkeit nicht gezeigt.

Als Antisera dienten zu den Versuchen Blutsera von Hühnern bezw. Ratten, die drei und mehrere Male mit einer größeren Dosis infizierten Blutes vorbehandelt worden waren. Wie man aus den Arbeiten über Immunität bei der Hühnerspirochaetose (Levaditi, Levaditi et Manouélian, Neufeld und v. Prowazek, Uhlenhuth, Groß und Bickel, Uhlenhuth und Groß) bei der experimentellen Rattenrekurrens (Norris, Pappenheimer and Flournoy, Novy and Knapp, Breinl and Kinghorn, C. Fränkel, Uhlenhuth und Händel, Levaditi et Manouélian, Verfasser) und bei der Trypanosomiasis der Ratten (Rabinowisch und Kempner, Laveran und Mesnil, Jürgens) weiß, gibt es hier nach 1—2 maliger Vorbehandlung eine volle Immunität, die auch in immunisierenden Eigenschaften des Blutserums Ausdruck findet und im Reagensglas demonstriert werden kann. Im speziellen liefern die Arbeiten von Uhlenhuth und Händel, sowie Verfasser den Beweis, daß den Immunseren der verschiedenen Rekurrensformen streng spezifische agglomerierende und parasitizide Eigenschaften zukommen, die eine Differenzierung dieser Formen gestatten. Ein weiterer Umstand, der die hier verwendeten experimentellen Antisera ebenfalls als sehr geeignet für Komplementbindungsversuche erscheinen lassen muß, ist der, daß infolge Verarbeitung ein- und derselben tierischen Eiweißart zu Antigen und Antiserum eine Präzipitatbildung bei der Vereinigung dieser beiden Reagentien, die ja an und für sich schon ohne Beziehung auf das nachzuweisende spezifische Agens, Komplementbindung erzeugen würde, umgangen ist. Daß in den Extrakten beim Zusatz von Immunserum keine für Spirochaeten bezw. Trypanosomen spezifischen Präzipitate beobachtet wurden, habe ich bereits oben gesagt.

Die Sera wurden gewöhnlich für jeden Versuch besonders gewonnen und in der Verdünnung $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ verwendet, nachdem sie vorher durch Erwärmen auf 56—58° C. ($^1/_2$ Std.) inaktiviert worden waren.

Als hämolytisches Serum dienten verschiedene Hammelblut lösende Kaninchensera, deren Titer vor jedem Versuch besonders bestimmt wurde; die doppelte komplett lösende Dosis wurde dann für den Versuch benutzt.

Das defibrinierte Hammelblut wurde mit physiologischer Kochsalzlösung zweimal gewaschen und dann mit soviel physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, daß 20 ccm je einem ccm des defibrinierten Blutes entsprachen.

Als Komplement wurde Meerschweinchenserum in der Verdünnung $^1/_{10}$ verwendet (Dosis 0,05).

Als Kontrollen wurden sowohl normale Sera als auch normale Extrakte in den Versuch gestellt.

Von jedem der 5 Reagentien wurden 0,5 ccm genommen, sodaß sich ein Gesamtinhalt der Röhrchen von 2,5 ccm ergab. In den Kontrollen wurde mit physio-

logischer Kochsalzlösung auf diese Gesamtmenge aufgefüllt. Auch der Titer des hämolytischen Serums war auf diese Gesamtmenge eingestellt.

Die Mischungen Antigen-Antiserum-Komplement bezw. Blutkörperchen-Amboceptor kamen gleichzeitig in getrennten Röhrchen in den Brutraum und wurden nach einer Stunde zusammengegossen. Nach weiteren 2 Stunden wurde das Resultat abgelesen.

Der Gang des einzelnen Versuches gestaltete sich nun so, daß zuerst die doppelt komplett lösende Dosis des hämolytischen Serums ausprobiert und dann die Kontrollen angesetzt wurden, um die an und für sich hemmenden oder hämolysierenden Quantitäten der Extrakte und Sera zu ermitteln.

Eine Anzahl von Extrakten erwies sich dabei als unbrauchbar, indem sie in der Verdünnung $^1/_8$ noch Komplementbindung bewirkten. Mitunter ließ diese Eigenschaft nach nochmaligem scharfen Zentrifugieren nach, im anderen Falle wurden neue Extrakte angefertigt. Die Sera hemmten die Hämolyse in der Verdünnung $^1/_5$ meistens nicht, dagegen fand ich öfters Rattensera noch in der Verdünnung $^1/_{20}$ (0,025) hämolytisch für Hammelblut. Sobald in der Verdünnung $^1/_{10}$ (0,05) bei unserer Versuchsanordnung auch nur eine Spur Hämolyse nach 2 Stunden zu beobachten war, wurden auch diese Sera als unbrauchbar zurückgestellt. Im allgemeinen zeigten sich die Extrakte in den Verdünnungen $^1/_8$, $^1/_{16}$, $^1/_{32}$ und die Sera in den Verdünnungen $^1/_5$ und $^1/_{10}$ als weder hämolytisch noch hämolysehemmend. Mit diesen Dosen wurde alsdann im Anschluß an den Vorversuch die Reaktion angesetzt.

Die verschiedenen Versuchstabellen, die zum Beweis der daraus gezogenen Schlüsse notwendig sind, haben am Ende der Arbeit Platz gefunden.

Was die Resultate dieser Versuchsanordnung anlangt, so konnte ich zunächst die auffällige Feststellung machen, daß bei Benutzung von Organextrakten sowohl bei der Hühnerspirochaetose als auch bei der experimentellen Rekurrens und Trypanosomiasis der Ratten niemals im Vergleich zu den Kontrollen eine beachtenswerte Komplementbindung in die Erscheinung trat. (Vgl. Versuch VII.) Der Raumersparnis wegen sind die entsprechenden Spirochaetenprotokolle, die nichts besonderes bieten, weggelassen.

Dagegen habe ich bei den Versuchen mit Blutextrakten häufig Resultate gehabt, die im Sinne einer gewissen Spezifität der Reaktion zu sprechen scheinen, insofern, als spezifische Extrakte bei der Reaktion mit Immunserum in höherem Grade komplementbindend wirken als mit normalem Serum. (cf. Versuch I—VI.) Wenn z. B. bei unserer Versuchsanordnung der spezifische (Trypanosomen- oder Spirochaeten-) Blutextrakt bei der Bindung mit normalem Serum $^1/_{10}$ in der Menge von 0,25 noch Hemmung der Hämolyse ergab, dagegen in der Dosis 0,125 nicht mehr, so konnte man bei demselben Extrakt mit Immunserum $^1/_{10}$ noch in der Dosis 0,125 oder sogar in der Dosis 0,005 noch Hemmung der Hämolyse konstatieren. Die „Spezifität“ kommt also nur in quantitativen Unterschieden zum Ausdruck.

Bei dem weiteren Verlauf ließen die Versuche erkennen, daß die Extrakte aus Rekurrensblut wechselseitig mit allen drei verschiedenen Formen von Rekurrensimmunseren Komplementbindung ergaben, und zwar in unge-

fähr gleich hohem Grade. (Versuch I—IV.) Eine Differenzierung der drei Arten ist also mit Hülfe dieser Reaktion nicht möglich.

Ähnlich scheinen die Verhältnisse bei den Trypanosomen zu liegen. Jedenfalls habe ich mit einem Immunserum der Rattentrypanosomiasis sowohl in der Bindung mit Extrakt aus Rattentrypanosomenblut als auch aus Dourinetrypanosomenblut gleichstarke Komplementbindung erhalten (Versuch VI).

Ein anderer Versuch hatte sogar das merkwürdige Ergebnis, daß ein Extrakt aus Rattentrypanosomenblut, der bei Bindung mit einem (allerdings nicht hochwertigen) Rattentrypanosomen-Immunserum und mit einem normalen Rattenserum keine Hämolysenhemmung gab, völlige Komplementbindung zur Folge hatte, wenn es mit einem Zeckenfieberimmunserum reagierte. (Versuch VIII.)

Bei den Kontrollversuchen mit normalen Blutextrakten fiel die Beobachtung auf, daß auch diese beim Reagieren mit Immunserum Komplementbindung hervorzurufen vermögen, nachdem festgestellt worden war, daß jedes Reagens für sich allein die Hämolyse nicht hemmt. Dagegen habe ich bei der Mischung von Normalextrakt und Normalserum niemals Hämolysenhemmung gefunden, vorausgesetzt, daß die Kontrollen einwandfrei waren.

Schließlich ist noch festzustellen, daß die Reaktion öfters bei Verwendung von spezifischem Antigen und dem homologen Antiserum ausblieb, ohne daß sich in der Herstellung der Reagentien ein Grund dafür finden ließ. Die Tabellen dieser Versuche habe ich nicht mitgeteilt.

Es fragt sich nun, welche Schlüsse aus diesen Feststellungen auf das Wesen der Komplementbindung und ihre Brauchbarkeit für Untersuchungen der vorliegenden Art gezogen werden können.

Zunächst ist es in der Tat als auffällig zu bezeichnen, daß spezifische Extrakte und Immunsera eine stärkere Avidität zum Komplement bedingen als normale. Infolgedessen kommt bei der Bindung von spezifischem Extrakt und normalem Serum und von normalem Extrakt mit Immunserum eine Hämolysenhemmung zustande, wenn sie bei der Bindung zwischen normalem Extrakt und normalem Serum ausbleibt. Bei der Reaktion von spezifischem Extrakt und Immunserum kommt die Komplementbindung noch vollkommener zum Ausdruck und gibt hier zuweilen gegenüber den Kontrollen ganz auffällige höhere Ausschläge. Daß dieses abweichende Verhalten der spezifischen Extrakte und Immunsera mit dem infizierenden Agens bezw. mit der Immunisierung in irgend einen näheren Zusammenhang gebracht werden muß, scheint mir daraus hervorzugehen, daß normale Extrakte-normale Sera — einwandfreie Kontrollen vorausgesetzt — in meinen Versuchen niemals Komplementbindung ergeben haben, und daß ferner diese graduellen Unterschiede bei der Verwendung von Organextrakten nicht hervortreten. Diese Organextrakte enthalten nämlich, da sie aus den inneren Organen ausgebluteter infizierter Tiere hergestellt sind, viel geringere Mengen von Trypanosomen- und Spirochaetensubstanz als die Blutextrakte, indem wir es bei diesen Mikroorganismen mit reinen Blutparasiten zu tun haben.

Eine strenge Spezifität kommt indes der Komplementbindungsreaktion in unserem Falle auch bei Berücksichtigung der oben er-

wähnten quantitativen Differenzen nicht zu. Das ergibt sich daraus, daß bei wechselseitiger Bindung zwischen Novy- bezw. Obermeier- und Duttonextrakten mit den Immunseren dieser drei Rekurrensformen auch keine graduellen Unterschiede zu Tage getreten sind. Vielmehr haben sie sich ganz gleichmäßig verhalten. Man kann also die drei Spirochaetenarten mit Hülfe der Komplementbindungsreaktion nicht unterscheiden, während man mittels Agglomeration und Tierversuch eine Differentialdiagnose stellen kann. Ebenso hat sich mit Hülfe eines Immunserums der Rattentrypanosomiasis ein Unterschied zwischen Rattentrypanosomen und Dourinetrypanosomen nicht feststellen lassen; das Immunserum agglomerierte Rattentrypanosomen kräftig, während es Dournietrypanosomen unbeeinflußt ließ. Bekanntlich kann man diese beiden Formen auch morphologisch unterscheiden. Noch weniger läßt sich der Versuch VIII im Sinne einer strengen Spezifität deuten, wo bei der Bindung von Extrakt aus Rattentrypanosomenblut mit Zeckenfieberimmunserum komplette Hemmung erhalten wurde, während derselbe Extrakt mit homologem Immunserum und mit Normalserum in den gleichen quantitativen Verhältnissen keine Komplementbindung ergab. Nun steht wohl das Ausbleiben der Hemmung bei Verwendung von Extrakt und homologem Immunserum mit einer Spezifität nicht in Widerspruch und läßt sich durch mangelhafte Beschaffenheit des Extrakts oder geringe Wertigkeit des Serums erklären; auch könnte man sich vorstellen, daß gelegentlich ein Extrakt mit einem nicht homologen Immunserum eine Ablenkung gibt ebenso wie mit normalem Serum. Dagegen spricht ein derartiger Ausfall im Laufe eines gleichzeitig ausgeführten Versuches und bei einwandfreien Kontrollen m. E. gegen eine strenge Spezifität der Reaktion.

Zieht man weiter in Betracht, daß ein großer Teil der Extrakte an und für sich die Hämolyse stark hemmt, und dadurch die Anstellung der Reaktion illusorisch gemacht wird, so wird man es gerechtfertigt finden, wenn ich von der Anwendung der Komplementbindungsreaktion in der hier geübten Versuchsanordnung bei der Erforschung der Immunität nach Trypanosomen- und Spirochaeteninfektionen keinen wesentlichen Fortschritt erwarte.

Zwar liegen die Verhältnisse hier insofern ungünstig, als man auf Blutextrakte angewiesen ist, die an und für sich die Hämolyse stärker hemmen als andere Extrakte. (Wassermann, Neißer, Bruck und Schucht.) Indes liegen anderseits die Bedingungen für die Bereitung von Extrakten sehr günstig, da es sich um frei im Blut suspendierte Parasiten handelt. In den Extrakten ist ja auch Antigen in nachweisbarer Menge enthalten, wie die Möglichkeit einer aktiven Immunisierung damit erweist. Dazu kommt, daß man hier hochwertige Immunsera zur Verfügung hat.

Die Zukunft wird lehren, ob unzuverlässige Ergebnisse, wie ich sie gehabt habe, auf technischen Mängeln beruhen, wie Citron[1]) meint, der bei Experimenten mit Tsetsetrypanosomen anscheinend gute Resultate gehabt hat, oder ob sich der Methode noch ein weiteres Gebiet bei der Erforschung von solchen Krankheiten, deren Erreger man nicht züchten kann, erschließen wird. Auch hier liegen ja bereits einige negative Versuchsergebnisse bei

---

[1]) Dtsche med. Wchschr. 1907.

Lyssa und Vaccine vor — Heller und Tomarkin[1]), Friedberger[2]). Auch H. Weber[3]) hat bei Trypanosomen-Untersuchungen anscheinend unzuverlässige Resultate gehabt.

Die bezüglichen Untersuchungen an unserem Spirochaetenmaterial haben natürlich ein praktisches Interesse nur wegen der Beziehungen zur Syphilis. Leider haben sie Anhaltspunkte, die zur weiteren Klärung in dieser Richtung dienen könnten, nicht recht ergeben.

Meine aus den vorliegenden Untersuchungen abgeleitete Auffassung über die Bedeutung der Komplementbindung würde sich im großen und ganzen der nähern, die L. Michaelis[4]) für dieselbe Reaktion bei Syphilis an der Hand von auffälligen Versuchsergebnissen dargetan hat. Auch Michaelis betont, daß die Unterschiede zwischen normalen und syphilitischen Extrakten nur quantitativer Natur seien, und führt in seinen Tabellen Fälle an, wo Sera, die mit Syphilis nichts gemein hatten (Typhus), eine positive Reaktion gegeben haben. Die quantitativen Verhältnisse dabei sind leider nicht aus den Tabellen ersichtlich.

Groß-Lichterfelde, Mitte September 1907.

Literatur.

1. Laveran et Mesnil, Comptes rendus soc. biol. 1900.
2. Dieselben, Annales Pasteur 1901.
3. Dieselben, Trypanosomes et Trypanosomiases, Paris 1904.
4. Rabinowitsch und Kempner, Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 30, 1899.
5. Köhler, Klin. Jahrbuch, Bd. 8.
6. Paltauf in Kolle-Wassermanns Handbuch der path. Mikr. Bd. IV.
7. Levaditi et Manouélian, Ann. Pasteur 1907.
8. Novy und Knapp, Journ. of infect. diseases 1906.
9. Gabritschewsky, Ann. Pasteur 1896.
10. Derselbe, Zentralbl. f. Bakt. 1898, Bd. 23.
11. Metschnikoff, Ann. Pasteur 1891.
12. Löwit, Zentralbl. f. Bakt. Bd. 34.
13. Wassermann, Zeitschr. f. Hygiene 1902.
14. Bordet, Ann. Pasteur 1899.
15. Jürgens, Archiv f. Hygiene, Bd. 42, 1902.
16. Neufeld, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 40, 1902.
17. Neufeld und v. Prowazek Arbeit. aus d. Kais. Gesundheitsamt 1907.
18. v. Prowazek ebenda 1905.
19. Novy, Mac Neal and Torrey, Journ. of infect. diseases 1907.
20. Ledoux-Lebard, Ann. Pasteur 1902.
21. Rößle, Archiv f. Hygiene, Bd. 54, 1905.
22. Zabolotny und Maslakowetz, Zentralbl. f. Bakt. 1907.
23. Fornet und Scherewsky, Münch. med. Wchschr. 1907.
24. Wassermann, Neißer, Bruck und Schucht, Zeitschr. f. Hygiene. 1906, Bd. 55.
25. Wassermann und Plaut, Dtsche. med. Wchschr. 1906.
26. Leuchs Dtsche med. Wchschr. 1906.
27. Citron, Dtsche med. Wchschr. 1907.
28. Levaditi und Marie, Ann. Pasteur 1907.
29. Morgenroth und Stertz, Virch. Archiv 1907.
30. Weil und Nakayama, Münch med. Wchschr. 1906.
31. Leuchs Berl. klin. Wchschr. 1907.
32. Weil, Wiener klin. Wchschr. 1907.
33. Heller und Tomarkin, Dtsche. med. Wchschr. 1907.
34. Friedberger, Wiener klin. Wchschr. 1907.
35. Seligmann, Berl. klin. Wchschr. 1907.
86. L. Michaelis ebenda 1907.
37. H. Weber, Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Therap. Bd. IV, 1907.

---

[1]) Dtsche med. Wchschr. 1907.
[2]) Wiener klin. Wchschr. 1907.
[3]) Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Therap. Bd. IV. 1907.
[4]) Berl. klin. Wchschr. 1907.

Versuch I.

Antigen: Extrakt aus normalem Rattenblut = Norm.-Extr.
„ „ Blut einer mit russ. Rekurr. infiz. Ratte = Oberm.-Extr.
„ „ „ „ „ amerik. „ „ „ = Norm.-Ser.

Antisera: Normales Rattenserum = Norm.-Ser.
Serum einer gegen russ. Rekurr. immun. Ratte = Oberm.-Ser.
„ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Ser.
„ „ „ afrik. „ „ „ = Dutt.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/800	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/1600	„	+
„	„	„	„ 1/2400	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/800	„	—
Nov.-Extr. 1/1	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Norm.-Extr. 1/1	„	„	„	„	—
Oberm.-Extr. 1/1	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Nov.-Extr. 1/8	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/800	Hammelblutk. 1/20	+
Oberm.-Extr. 1/8	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/8	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/8	Nov.-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/800	Hammelblutk. 1/20	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Nov.-Extr. 1/16	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/32	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/8	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
Oberm.-Extr. 1/16	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
Oberm.-Extr. 1/32	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Norm.-Extr. 1/8	Norm.-Ser.	Meerschw.-Ser. 2/10	Kaninch.-Ser. 1/800	Hammelblutk. 1/20	+
„	Oberm.-Ser.	„	„	„	±
„	Nov.-Ser.	„	„	„	±
„	Dutt.-Ser.	„	„	„	±
Norm.-Extr. 1/16	Norm.-Ser.	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser.	„	„	„	+
„	Nov.-Ser.	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser.	„	„	„	+

Versuch II.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit afrik. Rekurr. infiz. Ratte = Dutt.-Extr.[1])
Antisera: Normales Rattenserum = Norm.-Ser.
Serum einer gegen russ. Rekurr. immun. Ratte = Oberm.-Ser.
„ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Ser.
„ „ „ afrik „ „ „ = Dutt.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Hämolytisches System wie bei Versuch I					
Dutt.-Extr. 1/4	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Phys. Kochsalzlös.	Dutt -Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Dutt.-Extr. 1/4	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/800	Hammelblutk. 1/20	—
„ 1/8	„	„	„	„	+
„ 1/16	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Dutt.-Extr. 1/8	Dutt.-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/800	Hammelblutk. 1/20	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Dutt.-Extr. 1/16	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Dutt.-Extr. 1/32	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+

[1]) Extrakt durch 40 stündiges Ausschütteln gewonnen.

Versuch III.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer normalen Ratte = Nov.-Extr.
„ „ „ „ „ mit russ. Rekur. infiz. Ratte = Oberm.-Extr.
„ „ „ „ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Extr.
Antisera: Serum einer gegen russ. Rekur. immun. Ratte = Oberm.-Extr.
„ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/400	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/800	„	+
„	„	„	„ 1/1600	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/800	„	—
Norm.-Extr. 1/4	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Oberm.-Extr. 1/4	„	„	„	„	—
Nov.-Extr. 1/4	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser 1/10	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	—
Oberm.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/400	Hammelblutk. 1/20	±
„ 1/4	„	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/4	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/4	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/4	Oberm.-Ser. 1/10	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/400	Hammelblutk. 1/20	—
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/8	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	±
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/4	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/8	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/16	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/4	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„ 1/4	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	—
1/8	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„ 1/8	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	+

Versuch IV.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit russ. Rekur. infiz. Ratte = Oberm.-Extr.
„ „ „ „ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Extr.
„ „ „ „ „ „ afrik. „ „ „ = Dutt.-Extr.
Antisera: Serum einer gegen afrik. Rekur. immun. Ratte = Dutt.-Ser.
„ „ „ russ. „ „ „ = Oberm.-Ser.
„ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/4000	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/8000	„	+
„	„	„	„ 1/10000	„	—
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/1000	„	—

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Oberm.-Extr. 1/1	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Nov.-Extr. 1/1	„	„	„	„	—
Dutt.-Extr. 1/1	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Nov.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/4000	Hammelblutk. 1/20	+
Oberm.-Extr. 1/2	„	„	„	„	+
Dutt.-Extr. 1/2	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/2	Nov. Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/4000	Hammelblutk. 1/20	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/4	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/2	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/4	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Dutt.-Extr. 1/2	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+

Versuch V.

Antigen: Extrakt aus dem Blut eines mit der Spir.-gallin. infiz. Huhnes = Spir.-Extr.
„ „ „ „ „ normalen Huhnes = Norm.-Extr.
Antisera: Serum eines 3mal mit Hühnerspirochaetenblut vorbehand. Huhnes = Immun-Ser.
„ „ normalen Huhnes = Norm.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös	Phys. Kochsalzlös	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/2000	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/5000	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/1000	„	—
Norm.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Spir.-Extr. 1/2	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Immun-Ser 1/5	„	„	„	—
Norm.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/2000	Hammelblutk. 1/20	+
„ 1/4	„	„	„	„	+
Spir.-Extr. 1/2	„	„	„	„	+
„ 1/4	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	+

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Spir.-Extr. 1/2	Immun-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/2000	Hammelblutk. 1/20	—
„ 1/4	„	„	„	„	—
„ 1/8	„	„	„	„	±
„ 1/16	„	„	„	„	±
Spir.-Extr. 1/2	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„ 1/4	„	„	„	„	+
„ 1/8	„	„	„	„	+
„ 1/16	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/2	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	±
„ 1/4	„	„	„	„	±
„ 1/8	„	„	„	„	+
„ 1/16	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/2	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„ 1/4	„	„	„	„	+
„ 1/8	„	„	„	„	+
„ 1/16	„	„	„	„	+

Versuch VI.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit Rattentrypanosomen infiz. Ratte = Lew.-Extr.
„ „ „ „ „ „ Dourine-Trypanosom. „ „ = Dour.-Extr.
„ „ „ „ „ normalen Ratte = Norm.-Extr.

Antisera: Serum einer 3 mal mit Rattentrypanosomenblut vorbehandelten Ratte = Immun-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Phys. Kochsalzlös	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/1000	„	+
„	„	„	„ 1/2000	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/500	„	—
Lew.-Extr. 1/8	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Dour.-Extr. 1/8	„	„	„	„	—
Norm.-Extr. 1/8	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Lew.-Extr. 1/8	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	+
Dour.-Extr. 1/8	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/8	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Lew.-Extr. 1/8	Immun-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
Lew.-Extr. 1/16	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Lew.-Extr. 1/32	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Dour.-Extr. 1/8	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	—
„ 1/16	„	„	„	„	—
„ 1/32	„	„	„	„	±

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Dour.-Extr. 1/8	Norm.-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	±
„ 1/16	„	„	„	„	±
„ 1/32	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/8	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	±
„ 1/8	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„ 1/16	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	+
„ 1/16	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+

Versuch VII.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit Rattentrypanosomen infizierten Ratte = Bl.-Extr.
„ „ den inneren Organen einer mit Rattentrypanosomen infiz. Ratte = Org.-Extr.
Antisera: Serum einer 2 mal mit Rattentrypanosomen vorbehandelten Ratte = Immun-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/5000	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/10000	„	+
„	„	„	„ 1/20000	„	—
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/5000	„	—
Bl.-Extr. 1/5	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Org.-Extr. 1/5	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	—
Bl.-Extr. 1/5	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/5000	Hammelblutk. 1/20	+
„ 1/10	„	„	„	„	+
Org.-Extr. 1/5	„	„	„	„	+
„ 1/10	„	„	„	„	+
Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	„	+
Immun-Ser. 1/5	„	„	„	„	+
Bl.-Extr. 1/5	Immun-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/5000	Hammelblutk. 1/20	—
„ 1/10	„	„	„	„	—
„ 1/20	„	„	„	„	—
„ 1/40	„	„	„	„	—
Bl.-Extr. 1/5	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„ 1/10	„	„	„	„	±
„ 1/20	„	„	„	„	+
„ 1/30	„	„	„	„	+
Org.-Extr. 1/5	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	—
„ 1/10	„	„	„	„	±
„ 1/20	„	„	„	„	±
„ 1/40	„	„	„	„	+
Org.-Extr. 1/5	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„ 1/10	„	„	„	„	±
„ 1/20	„	„	„	„	±
„ 1/40	„	„	„	„	+

Versuch VIII.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit Rattentrypanosomen infizierten Ratte = Tryp.-Extr.
Antisera: Serum einer 2 mal mit Rattentrypanosomen vorbehandelten Ratte = Tryp.-Ser.
„ „ gegen Zeckenfieber immunisierten Ratte = Dutt.-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/1000	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/2000	„	+
„	„	„	„ 1/4000	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/1000	„	—
Tryp.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös	Hammelblutk. 1/20	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	±
„	Tryp.-Ser. 1/10	„	„	„	±
„	Dutt.-Ser. 1/10	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. 1/20	„	„	„	—
„	Tryp.-Ser. 1/20	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/20	„	„	„	—
Tryp.-Extr. 1/8	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/1000	Hammelblutk. 1/20	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/20	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. 1/20	„	„	„	+
„	Tryp.-Ser. 1/20	„	„	„	+
Tryp.-Extr. 1/8	Tryp.-Ser. 1/20	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/1000	Hammelblutk. 1/20	+
„	Dutt.-Ser. 1/20	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/20	„	„	„	+
Tryp.-Extr. 1/16	Tryp.-Ser. 1/20	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. 1/20	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. 1/20	„	„	„	+

Über Komplementbindung und Komplementablenkung bei 0° und bei 37°.

Von

Prof. **Dr. F. Neufeld,**
Regierungsrat im Kaiserlichen Gesundheitsamte,

und

Stabsarzt **Dr. Händel,**
kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

In früheren Arbeiten (1) (2) ist über Untersuchungen berichtet worden, bei denen verschiedene Immunsera gegenüber Typhus- und Cholerabazillen einerseits in Bezug auf ihren Gehalt an bakteriolytischen Ambozeptoren, anderseits in Bezug auf ihre komplementablenkende Wirkung verglichen wurden. Diese Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß zwischen den genannten beiden Wirkungen eines Serums, obgleich dieselben in manchen Fällen parallel gehen mögen, keine gesetzmäßigen Beziehungen bestehen. Wir fanden Sera, die reichlich bakteriolytische Ambozeptoren enthielten, aber fast gar keine spezifische Komplementablenkung bewirkten, und anderseits solche, die mit Cholerabazillen starke Komplementablenkung ergaben, ohne dabei überhaupt bakteriolytische Ambozeptoren und ebensowenig übrigens Agglutinine oder Präcipitine für Cholera zu enthalten.

Die Versuche schienen keinen anderen Schluß zuzulassen, als den, daß die Komplementablenkung durch spezifische Immunsera nicht auf die bakteriolytischen Ambozeptoren, sondern auf einen Antikörper eigener Art zurückzuführen ist, für den die Bezeichnung „Bordetscher Antikörper" vorgeschlagen wurde[1]).

Bereits vor den genannten Untersuchungen hat Moreschi (3) auf die mangelnde Übereinstimmung zwischen dem bakteriziden Titer und den Ergebnissen der Bordet-Gengouschen Reaktion bei Typhusantiseris hingewiesen; er hat seine ersten Befunde kürzlich durch neue Beobachtungen ergänzt (4) und eine Anzahl von Fällen beschrieben, in denen sehr hochwertige Typhussera gar keine Komplementablenkung bewirkten. In Bezug auf die Deutung dieser Befunde weicht Moreschi jedoch völlig von uns ab; er hält durchaus an der von Bordet selbst gegebenen und von der überwiegenden Mehrzahl der Untersucher angenommenen Erklärung fest und nimmt demnach an, daß in denjenigen von seinen Versuchen, wo nach Zusatz des hämolytischen Systems keine Lösung eintrat, dies Ergebnis darauf beruhte, daß das Komplement durch die

[1]) Das Prinzip der Komplementablenkung wurde von Bordet im Jahre 1900 aufgefunden, im folgenden Jahre wandte Bordet in Gemeinschaft mit seinem Schüler Gengou dasselbe auf eine Anzahl verschiedener Bakterienarten an und empfahl die Methode der Komplementablenkung allgemein, „um die Existenz spezifischer Sensibilisatoren in einem Serum zu entdecken".

bakteriziden Typhusambozeptoren in Beschlag genommen war. Diese Auffassung erscheint dem Autor — entsprechend der herrschenden Theorie — offenbar als so selbstverständlich, daß er ihre Richtigkeit garnicht diskutiert; die Fälle, in denen hoch wertige Typhussera im Bordet-Versuch gar keinen Ausschlag gaben, erklärt Moreschi mit der Annahme, daß die Typhusambozeptoren hier zufällig keine Verwandtschaft zu demjenigen Komplement hatten, das zur Komplettierung des benutzten hämolytischen Systems diente. In Moreschis Versuchen ergaben die von Menschen sowie die von Pferden stammenden Typhussera im Gegensatz zu den Kaninchensera ein gänzlich negatives Resultat in Bezug auf Komplementbindung; der Autor nimmt daher an, daß die Typhusambozeptoren gerade dieser Sera zu dem betreffenden hämolytischen Komplement gar keine oder eine zu geringe Affinität besaßen.

Für die Deutung der von Händel bei Choleraseris erhobenen Befunde kommt eine solche Annahme schon deswegen kaum in Frage, weil die Sera, die sich inbezug auf die Komplementablenkung so verschieden verhielten, alle von der gleichen Tierart, nämlich von Kaninchen herstammten. Ausschlaggebend ist aber folgendes: Die Annahme Moreschis kann zwar solche Fälle erklären, in denen Sera trotz hohen Gehalts von Ambozeptoren eine Ablenkung des hämolytischen Komplements vermissen lassen, aber niemals die von Händel mitgeteilten Befunde, in denen umgekehrt Sera, die gar keine (bakteriolytischen) Choleraambozeptoren enthielten, noch in beträchtlicher Verdünnung eine Komplementablenkung mit Cholerabazillen ergaben.

Wir haben uns nun bemüht, die Bindung des Komplements durch Ambozeptoren einerseits und durch den Bordetschen Antikörper anderseits näher zu verfolgen und haben hierzu den Ablauf dieser Prozesse bei niederer Temperatur (0^0—3^0) herangezogen. Es ist bekannt, daß bei dieser niedrigen Temperatur die hämolytischen Ambozeptoren von den zugehörigen Blutkörperchen gebunden werden während eine Bindung des Komplements ausbleibt; auf diesem Wege gelang ja Ehrlich und Morgenroth zum ersten Mal die Trennung des komplexen Hämolysins in die beiden Bestandteile Ambozeptor und Komplement.

Nun hat Liefmann (5) gefunden, daß die mit der Präzipitinreaktion vergesellschaftete Komplementablenkung auch bei 0^0 erfolgt. Liefmann arbeitete mit Hühnereiweiß und dem Serum eines mit Hühnereiweiß vorbehandelten Kaninchens. Er mischte geeignete Mengen von beiden mit Komplement, ließ die Mischung 2 Stunden bei 0^0 stehen, — wobei sich ein Präzipitat bildete, — zentrifugierte alsdann und versetzte den Abguß sofort mit sensibilisierten Blutkörperchen; dieselben wurden nicht mehr gelöst, das Komplement war also gebunden worden. Liefmann macht selbst den Einwand, daß sich bei diesem Versuch nicht das gesamte Eiweiß und Antieiweiß im Bodensatz zu befinden braucht; es ist vielmehr möglich, daß die überstehende Flüssigkeit kleine Mengen der beiden Substanzen enthält, die nun nach dem Erwärmen nachträglich mit einander reagieren und dabei Komplement binden können, auch ohne daß sich diese Reaktion durch einen sichtbaren Niederschlag zu erkennen gibt. Diese Möglichkeit liegt zweifellos vor; Liefmann glaubt jedoch, daß die in seinen Versuchen beobachtete völlige Ablenkung des Komplements nicht auf diese Weise erklärt werden könne, weil auch große Mengen von Eiweiß und Antieiweiß nicht imstande

seien, eine vollständige Komplementbindung zu veranlassen, sobald sie gleichzeitig mit den sensibilisierten Blutkörperchen zugesetzt würden. Daher nimmt Liefmann an, daß in seinen Versuchen die Bindung des Komplements in der Tat schon bei 0° erfolgt ist, und weist darauf hin, daß dies gegen die Annahme einer Ambozeptorwirkung spricht. Einen definitiven Schluß in dieser Hinsicht zieht Liefmann jedoch aus den Versuchen noch nicht; auch Sachs (6) meint bei einer Besprechung derselben, indem er ebenfalls auf die Möglichkeit hinweist, daß in dem Abguß der Röhrchen noch komplementbindende Substanz vorhanden sein und nach der Erwärmung in Wirksamkeit treten kann, daß durch diese Versuche die Annahme von Ambozeptoren als Träger der komplementablenkenden Wirkung des Antiserums nicht widerlegt sei.

Unserer Ansicht nach können Liefmanns Versuche vor allem deswegen keine sichere Entscheidung darüber geben, ob die Komplementablenkung durch Ambozeptoren bewirkt wird, weil die Frage, ob ein Ambozeptor sich bei 0° mit dem Komplement verbindet, bisher nur für hämolytische Ambozeptoren untersucht worden ist; nicht einmal für die bakteriolytischen Ambozeptoren liegen unseres Wissens entsprechende Versuche vor und gar bei Ambozeptoren gegen gelöstes Eiweiß, um die es sich bei Liefmanns Versuchen handeln würde, erscheint es von vornherein wohl nicht ausgeschlossen, daß sie sich in diesem Punkte anders verhalten könnten. Denn diese durch Immunisierung von Tieren mit gelösten Eiweißstoffen entstehenden „Ambozeptoren" sind doch rein hypothetische Gebilde, von denen wir gar nicht wissen, inwieweit sie sich überhaupt mit den sonstigen Ambozeptoren vergleichen lassen; vorläufig kennen wir ja von diesen Stoffen nichts weiter als eben die Eigenschaft der Komplementbindung.

Ganz anders liegt die Sache, sobald wir uns auf ein bekanntes Terrain begeben und anstatt der hypothetischen „Antieiweißambozeptoren" mit den bakteriolytischen Choleraambozeptoren arbeiten. Wir glaubten daher, Versuche über den Verlauf der Komplementbindung durch Cholerabazillen und spezifisches Choleraserum bei 0° anstellen und auf diesem Wege eine Klärung der Frage versuchen zu sollen. Hierzu schien uns der Umstand besonders förderlich zu sein, daß wir über solche Antisera verfügten, die wenig oder gar keine bakteriolytischen Choleraambozeptoren enthielten, trotzdem aber mit Cholerabazillen stark komplementablenkend wirkten, und über andere Sera, die umgekehrt sehr viel Choleralysin und sehr wenig Bordetsche Antikörper besaßen. Aus dem Verhalten dieser Sera bei 0° durften wir Aufschlüsse darüber erwarten, wie sich bei dieser Temperatur die Ambozeptoren und der Bordetsche Antikörper zum Komplement verhalten.

Es zeigte sich jedoch, daß es solcher vergleichenden Untersuchungen gar nicht bedurfte; es gelang uns nämlich bereits auf einem anderen Wege, über das Verhalten der beiden Antikörper zu Bakterien und Komplement bei 0° Klarheit zu gewinnen. Wie aus den folgenden Protokollen hervorgeht, erhielten wir Befunde, die dafür sprechen, daß bei 0° wenigstens bei Innehaltung bestimmter Versuchsbedingungen nur durch Vermittlung des Bordetschen Antikörpers, aber nicht durch die des gleichzeitig anwesenden bakteriolytischen Ambozeptors Komplement an die Cholerabazillen gebunden wird.

Begreiflicherweise bedarf es einer besonderen Versuchsanordnung, um ein solches

Resultat zu erhalten; in der Regel gelingt es ja nicht, die Wirkungen der beiden Antikörper auseinanderzuhalten. Ähnliche Schwierigkeiten haben sich aber bekanntlich auch bei andern Antikörpern gezeigt; so wurden die Agglutinine und später die Tropine vielfach mit den bakteriziden Antikörpern für identisch gehalten, bis es gelang, sie durch besondere Versuchsbedingungen von einander zu differenzieren.

Um den Vorgängen, die sich bei der Komplementfixation durch Bakterien und Antiserum abspielen, näher als dies bisher geschehen ist, nachzugehen, haben wir bei allen unseren Versuchen zur Prüfung auf das Vorhandensein von freiem Komplement nicht nur, wie üblich, ein hämolytisches System, sondern in einer parallelen Versuchsreihe auch ein entsprechendes Vibrionensystem hinzugesetzt, d. h. Cholerabazillen, die mit bakterizidem Choleraserum sensibilisiert waren. Wir haben also nicht nur auf Anwesenheit des hämolytischen, sondern auch auf die des bakteriziden Komplements untersucht.

Ferner haben wir das Komplement nicht nur in der überstehenden Flüssigkeit gesucht, sondern auch die im Bodensatz befindlichen Bazillen darauf geprüft, ob sie Komplement gebunden hatten; hierbei handelt es sich natürlich nur um das bakterizide Komplement. Um die unter dem Einfluß des Komplements eintretende Umwandlung der Choleravibrionen im Granula besser beobachten zu können, haben wir nicht, wie in unseren früheren Versuchen über Komplementablenkung bei Cholera, mit abgetöteten, sondern stets mit lebenden Cholerabazillen gearbeitet.

Bezüglich der Versuchstechnik sei bemerkt, daß wir die Mischungen in kleinen Zentrifugierröhrchen vornahmen, die bereits vorher in Eis gekühlt worden waren und die während der Dauer des Versuches in einer großen, mit Eis gefüllten Glasschale standen; ebenso wurden die verwendeten Sera, die Kulturaufschwemmungen und die Kochsalzlösung vor der Mischung auf 0° abgekühlt, und das Zentrifugieren geschah, indem die kleinen Röhrchen in größere mit Eis gefüllte Zentrifugiergläser gesteckt wurden. Um während aller Manipulationen die Temperatur der Röhrchen nicht zu hoch steigen zu lassen, sahen wir von so großen Versuchsreihen, wie wir sie zu Komplementablenkungsversuchen bei 37° gewöhnlich ansetzen, von vornherein ab und beschränkten die Zahl der zu verarbeitenden Röhrchen nach Möglichkeit.

In unserem ersten Versuch enthielt jedes Röhrchen $^2/_5$ Öse lebender Cholerakultur, in 2,0 Kochsalzlösung aufgeschwemmt, und 0,2 Meerschweinchenkomplement, ferner spezifisches Choleraserum von Kaninchen 58 (das Serum wirkte früheren Versuchen zufolge stark komplementablenkend und hatte im Pfeifferschen Versuch den Titer 1 : 5000) bezw. normales Kaninchenserum in den unten angegebenen Mengen.

Die Röhrchen wurden 3 $^1/_2$ Stunden bei 0° gehalten, dann wurde zentrifugiert, die überstehende Flüssigkeit schnell abgegossen und in zwei Hälften geteilt: zu der einen Hälfte wurde 1,0 einer 5% Aufschwemmung von Hammelblutkörperchen, die mit hämolytischem Ambozeptor (0,03 auf 10,0) versetzt und dann eine Stunde bei 37° gehalten worden waren, zu der anderen Hälfte 0,1 sensibilisierter Cholerabazillen hinzugesetzt (1 Öse Cholerabazillen in 1,0 Kochsalzlösung verrieben, mit 0,1 spezif. Choleraserum versetzt und ebenfalls eine Stunde bei 37° gehalten; es empfiehlt sich hierzu ein gut bakterizides Serum zu nehmen, das aber nicht zu stark agglutiniert, da die Granulabildung sich dann besser beobachten läßt).

Von den mit sensibilisierten Vibrionen versetzten Röhrchen wurden nach 1—1 $^1/_4$ St. Präparate aus dem Bodensatz angefertigt und teils ungefärbt untersucht, teils mit Methylenblau oder verdünntem Karbolfuchsin gefärbt. Wir fanden die Untersuchung gefärbter Präparate für unsern Zweck geeigneter.

Versuch 1.

$3^1/_2$ St. bei 0°, dann in gekühlten Röhrchen zentrifugiert	Je eine Hälfte der überstehenden Flüssigkeit bei 37° versetzt mit	
	a) sensib. Blutk.	b) sensib. Vibrionen
1. 0,06 spez. Chol.-Serum + $^2/_5$ Öse Kultur + 0,2 Kompl.	Spur Lösung	Granula
2. 0,03 „ „ „	0	„
3. 0,01 „ „ „	mässige „	„
4. 0,06 Kontroll-Kan.-Serum „ „	komplette „	„

Die kleine Versuchsreihe ergibt, daß die mit spezifischem Serum versetzten Cholerabazillen bei 0° eine starke und teilweise vollständige Bindung des hämolytischen, aber nicht des bakteriziden Komplements bewirkt haben.

Die Untersuchung des Bodensatzes der bei 0° gehaltenen Röhrchen wurde nur bei Röhrchen 2 ausgeführt und zwar wie bei allen späteren Versuchen in der Weise, daß der Bodensatz noch einmal mit Kochsalzlösung gewaschen, sodann in neuer Kochsalzlösung aufgeschwemmt und in zwei Hälften geteilt wurde: die eine wurde ohne weiteren Zusatz, die andere nach Zusatz von 0,1 Komplement 1 Stunde bei 37° gehalten und dann Präparate angefertigt.

Es ergab sich, daß der gewaschene Bodensatz des Röhrchens 2, nachdem er 1 Stunde bei 37° gestanden hatte, gut erhaltene Vibrionen aufwies, während die mit Komplement versetzte Hälfte desselben Bodensatzes aus Granula bestand. Die Vibrionen haben also bei 0° zwar den Ambozeptor, aber nicht das bakterizide Komplement gebunden. Dem entsprechend hatte sich dieses, wie oben mitgeteilt, in dem Abguß desselben Röhrchens nachweisen lassen.

Bevor wir auf die weitere Deutung des Versuches eingehen, wollen wir zunächst einen zweiten anführen.

Versuch 2a.

3 Stunden bei 0°, dann zentrifugiert	Je eine Hälfte d. Abgusses bei 37° versetzt mit		Je die Hälfte des gewaschenen Bodensatzes 1 Stde. bei 37°	
	a) sensib Blutk.	b) sensib. Vibrionen	a) in Kochsalzlösung	b) mit 0,1 Kompl.
1. 0,06 sp. Chol.-S. + $^2/_5$ Öse Chol. + 0,2 Kompl.	0	Granula	Vibrionen	Granula
2. 0,02 „ „ „	0	Granula u. spärl Vibr.	„	Granula
3. 0,06 Kontroll-S. „ „	komplette Lösung	Granula	„	Vibr. u. Gran.
4. 0,02 „ „ „	„	„	„	„
5. 0,06 sp. Chol.-S. — „	„	„	—	—
6. — — „	„	„	—	—
7. — „ „	„	„	Vibrionen	Vibr. u Gran.

Auch in diesem Versuche haben die Cholerabazillen, die mit spezifischem Serum nnd Komplement 3 Stunden lang in Eis gekühlt gestanden haben, das hämolytische Komplement so stark gebunden, daß eine völlige Hemmung der Hämolyse

stattfand; das bakterizide Komplement ist dagegen in Röhrchen 1 gar nicht, in Röhrchen 2 vielleicht in geringem Maße gebunden worden.

In jedem Falle ist die Trennung des hämolytischen von dem bakteriziden Komplement in Röhrchen 1 völlig, in Röhrchen 2 annähernd gelungen. Dementsprechend ergab die Untersuchung des Bodensatzes derselben Röhrchen, daß die darin enthaltenen Cholerabazillen bei niedriger Temperatur zwar den Ambozeptor, aber nicht das zu demselben passende bakterizide Komplement gebunden hatten: ohne Zusatz von neuem Komplement waren die Vibrionen nach einstündigem Stehen bei 37° noch völlig erhalten, während bei Zusatz von Komplement vollständige Granulabildung eintrat. Natürlich fehlte auch bei den übrigen Röhrchen, die kein Choleraserum enthielten, die Granulabildung an den im Bodensatz befindlichen Bazillen, sobald diese ohne Komplementzusatz bei 37° gehalten wurden; bei Zusatz von Komplement fand hier nur teilweise Umwandlung in Granula statt, da es sich eben um nicht ambozeptorbeladene Vibrionen handelt.

Gegen den Schluß, daß in den Röhrchen 1 und 2 das hämolytische Komplement gebunden, das bakterizide dagegen frei geblieben sei, könnte noch ein Einwand erhoben werden. Man könnte annehmen, daß zur Hämolyse mehr Komplement nötig sei, als zur Umwandlung der Vibrionen in Granula, und daß das scheinbare Fehlen des hämolytischen bei Gegenwart des bakteriziden Komplements im Abguß durch diese quantitativen Verhältnisse zu erklären sei. Gegen eine solche Vermutung spricht allerdings schon die Untersuchung des Bodensatzes, aus der ja hervorgeht, daß die Cholerabazillen das bakterizide Komplement nicht verankert haben.

Ein Kontrollversuch ergab, daß in Wirklichkeit umgekehrt zur Vibriolyse erheblich mehr Komplement erforderlich war, als zur Hämolyse. Der Versuch wurde gleichzeitig mit dem obigen mit demselben Meerschweinchenkomplement angestellt, die sensibilisierten Blutkörperchen und Vibrionen wurden aus den gleichen Röhrchen, wie zu dem vorigen Versuch entnommen. Die Beurteilung der Hämolyse und Vibriolyse erfolgte natürlich ganz in derselben Weise, wie oben.

Das Resultat war folgendes:

Kontroll-Versuch 2b.

Komplementmenge	1,0 der 5% Aufschwemmung von sensibil. Blutkörperchen	$^1/_{10}$ Öse sensibil. Vibrionen in 1,0 Kochsalzlösung
0,2	komplette Lösung	Granula
0,1	„	„
0,05	„	Granula u. Vibrionen
0,01	starke Lösung	Vibrionen

Hiernach bedurften die sensibilisierten Vibrionen mehr Komplement zur Auflösung als die sensibilisierten Erythrocyten; wir wollen sogleich hinzufügen, daß auch einige spätere Versuche stets ein entsprechendes Verhältnis zeigten. Es handelt sich also in den beiden vorhergehenden Versuchen zweifellos um isolierte Bindung eines Komplements bei Freibleiben eines anderen.

Wir haben nun gleichzeitig noch einen dritten Versuch mit demselben Komplement und denselben sensibilisierten Vibrionen bezw. Blutkörperchen angestellt, nämlich einen vollkommenen Parallelversuch zu Versuch 2a, nur daß die Röhrchen anstatt bei 0° bei 37°, und zwar 1 ½ Stunden lang gehalten wurden; alsdann wurde abzentrifugiert und Abguß und Bodensatz in der gleichen Weise verarbeitet.

Versuch 2c.

$1^1/_2$ Stunden bei 37°, dann zentrifugiert	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit		Je eine Hälfte des Bodensatzes 1 St. bei 37°	
	a) sensib. Blutk.	b) sensib. Vibrionen	a) in Kochsalzlösung	b) mit 0,1 Kompl.
1. 0,06 sp. Chol.-S. + $^2/_5$ Öse Chol. + 0,2 Kompl.	0	Vibrionen	Granula	Granula
2. 0,02 „ „ „	0	„	„	„
3. 0,06 Kontroll-S. „ „	0	Vibr. u. Granula	Vibr. einz. Granula	Granula, einz. Vibrionen
4. 0,02 „ „ „	0	Gran., mäßig viel Vibr.	„	„
5. 0,06 sp. Chol.-S. — „	starke Lösung	Gran., einz. Vibr.	—	—
6. — — „	komplett	Granula	—	—
7. — „ „	schwache Lösung	Gran., mäßig viel Vibr.	(nicht untersucht)	

Dieser Versuch zeigt, daß das Ergebnis der Komplementbindung ein völlig anderes wird, sobald der Prozeß bei 37° vor sich geht; in den Röhrchen 1 und 2 war jetzt nicht nur das hämolytische, sondern auch das bakterizide Komplement gebunden: das letztere war aus dem Abguß verschwunden und im Bodensatz nachweisbar, indem die abzentrifugierten Vibrionen sich ohne Zusatz von Komplement vollständig in Granula umwandelten, sobald sie eine Stunde lang in der Wärme gehalten wurden.

Ferner zeigte sich, daß bei 37° bereits die Kultur allein in der angewandten Menge von $^2/_5$ Öse (Röhrchen 7) eine starke, zusammen mit normalem Kaninchenserum (Röhrchen 3 und 4) sogar eine vollständige Hemmung der Hämolyse bewirkte, auch das spezifische Serum allein wirkte noch deutlich ablenkend. Von dieser (nicht spezifischen) Komplementbindung scheint das hämolytische Komplement in etwas stärkerem Maße als das bakterizide betroffen zu sein; sonst hätte z. B. in den Röhrchen 3 und 4, wo gar keine Hämolyse eintrat, die Granulabildung, die mehr Komplement erfordert, erst recht völlig ausbleiben müssen.

Ein weiterer Versuch, den wir nicht ausführlich wiedergeben wollen, hatte das gleiche Ergebnis; wieder wurde bei 0° das hämolytische, aber nicht das bakterizide Komplement gebunden, während bei 37° beide Komplemente fixiert wurden; eine quantitative Bestimmung ergab wiederum, daß bei Benutzung derselben präparierten Blutkörperchen bezw. Vibrionen zur Auflösung der ersteren eine weit geringere Komplementmenge erforderlich war, als zur Umwandlung der letzteren in Granula.

Wenn unter den von uns gewählten Versuchsbedingungen bei 0° nur das hämolytische Komplement, bei 37° dagegen sowohl das hämolytische als das bakterizide Komplement gebunden wurde, so nehmen wir an, daß die Komplementbindung im ersten Falle ausschließlich durch den „Bordetschen Antikörper," im letzteren Falle dagegen gleichzeitig auch durch die bakteriolytischen Choleraambozeptoren erfolgt.

Weshalb nun aber bei 0° durch den „komplementablenkenden" Antikörper gerade das h ä m o l y t i s c h e Komplement abgelenkt worden ist, vermögen wir zunächst

nicht zu erklären. Vermutungen hierüber können umso weniger ausgesprochen werden, als es an entsprechenden Experimenten bei anderen Kombinationen noch völlig fehlt. Bei Versuchen über Komplementablenkung wird ja immer nur das hämolytische Komplement berücksichtigt, es ist noch nicht untersucht worden, ob z. B. bei der Reaktion zwischen Serum und präzipitierendem Antiserum außer dem hämolytischen auch stets bakterizides Komplement gebunden wird, und wie das Ergebnis desselben Versuches sich bei 0° gestaltet. Wir wissen daher nicht, ob bei 0° die isolierte Ablenkung eines Komplements ein regelmäßiges Vorkommnis ist. Möglicherweise handelt es sich dabei überhaupt nur um zeitliche Differenzen in der Bindung der verschiedenen Komplemente, sodaß etwa bei einer Versuchsdauer von 24 Stunden das Resultat ein anderes sein könnte. Für den von uns zunächst verfolgten Zweck genügt jedoch die Feststellung, daß sich unter bestimmten Versuchsbedingungen eine isolierte Bindung des hämolytischen Komplements erreichen läßt.

In jedem Falle geht aus unseren Versuchen hervor, daß die bakteriolytischen Choleraambozeptoren, ebenso wie es nach Ehrlich und Morgenroth bei den hämolytischen Ambozeptoren der Fall ist, bei 0° zwar an die zugehörigen Rezeptoren der Bakterienzelle verankert werden, daß aber die Vereinigung zwischen Ambozeptor und Komplement wenigstens innerhalb der Versuchsdauer ausbleibt. Denn dieser Ambozeptor müßte doch zunächst das eigene, nämlich das bakterizide Komplement an sich reißen. Diese Annahme erscheint beinahe selbstverständlich; das Gegenteil, daß etwa zunächst ein fremdes („nicht dominantes“) Komplement gebunden würde, ist wenigstens für Immunambozeptoren bisher nicht beschrieben worden, und für die bakteriolytischen Choleraambozeptoren konnten wir direkt nachweisen, daß sie zunächst und wahrscheinlich sogar ausschließlich ihr eigenes, nämlich das (für Choleravibrionen) bakterizide Komplement, nicht aber das hämolytische Komplement verankern[1]). Dies geht aus dem nachfolgenden Versuche hervor, in welchem das umgekehrte Ergebnis wie in den Versuchen 1 und 2a eintrat, nämlich eine überwiegende Bindung des bakteriziden und Freibleiben des hämolytischen Komplements.

Wir benutzten zu diesem Versuche das Serum eines einmal intravenös mit $^1/_4$ Öse abgetöteter Cholerabazillen vorbehandelten Kaninchens 32, das, wie bereits von Händel (2) mitgeteilt wurde, sehr stark bakterizid, aber nur wenig stärker komplementablenkend wirkte, als manche Normalsera. Von einem solchen Serum durften wir erwarten, daß es hauptsächlich die Bindung des bakteriziden, aber nur in geringem Grade die des hämolytischen Komplements bewirken würde. Da diese Komplementbindung durch die spezifischen Choleraambozeptoren erfolgt, so wurde der Versuch bei 37° angestellt.

---

[1]) Ein solches Verhalten entspricht wohl am besten den Vorstellungen, die ursprünglich mit dem Begriff des Ambozeptors verbunden wurden. Vermutlich würde eine erneute Untersuchung derjenigen Fälle, welche auf die Bindung eines „nicht dominanten“ Komplements durch einen Ambozeptor bezogen wurden, ergeben, daß dieselben sich auch anders deuten lassen, nämlich entweder durch ein Dazwischentreten des Bordet-Gengouschen Phänomens oder durch die in neuerer Zeit immer häufiger beobachtete Komplementabsorbtion infolge nicht spezifischer Einflüsse.

Versuch 3.

mit Choleraserum von Kaninchen 32, Titer im Pfeifferschen Versuch 1 : 25000; im Komplementablenkungsversuch stets nur sehr geringe Wirkung.

1 Stde. bei 37°, dann zentrifugiert	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit		Je eine Hälfte des Bodensatzes	
	a) sensib. Blutk.	b) sensib. Vibr.	a) in Kochsalzlösung	b) mit 0,1 Kompl.
1. 0,06 spez. Ser + $^2/_5$ Öse Cholera + 0,2 Kompl.	0	Vibr.	Granula	Granula
2. 0,03 „ „ „	stark	„	„	„
3. 0,01 „ „ „	kompl.	„	„	„
4. 0,06 Kontroll-Serum „ „	„	Vibr. u. Gran.	Vibrionen	Granula einige Vibr.
5. 0,03 „ „ „	„	Gran., mäßig viel Vibr.	„	„
6. 0,01 „ „ „	„	„	„	„
7. 0,06 spez. Serum — „	„	Gran., einzelne Vibr.	—	—
8. — „ „	„	„	Vibrionen	Granula einz. Vibr.

Das Ergebnis des Versuches entsprach unserer Erwartung: bis mindestens zu der Dosis von 0,01 herab (die untere Grenze wurde nicht festgestellt) hatten die mit dem stark ambozeptorhaltigen Serum versetzten Vibrionen ihr eigenes Komplement gebunden, dasselbe fehlte daher im Abguß völlig, während die im Bodensatz befindlichen Bazillen sich ohne Zusatz von weiterem Komplement in Granula umwandelten; demgegenüber war die Bindung des hämolytischen Komplements verhältnismäßig gering, und in dem Röhrchen mit 0,01 Serum überhaupt nicht mehr festzustellen.

Auch in den mit Normalserum versetzten Röhrchen zeigte sich, wie es öfters der Fall war, eine gewisse, wenn auch nicht erhebliche Bindung von Komplement.

Wie aus der letzten Spalte ersichtlich ist, wirkte in diesem Falle das frische Meerschweinchenserum so stark bakterizid, daß auch nicht sensibilisierte Vibrionen stark, wenn auch nicht vollständig in Granlua umgewandelt wurden.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die starke Bindung des bakteriziden Komplements in diesem Versuche in der Hauptsache durch die bakteriolytischen Ambozeptoren des Immunserums, an denen dieses Serum ja besonders reich war, und nicht durch den Bordetschen Antikörper erfolgt ist. Die bakteriolytischen Choleraambozeptoren binden hiernach zunächst, vermutlich sogar ausschließlich das zugehörige Komplement.

Wir haben nun weiterhin einen Versuch angestellt, in dem wir die isolierte Wirkung des Bordetschen Antikörpers, ohne Dazwischentreten der bakteriolytischen Ambozeptoren, verfolgen konnten, und zwar nicht, wie in den Versuchen 1 und 2 bei 0° sondern bei 37°. Die Möglichkeit dazu bot uns ein ebenfalls bereits von Händel beschriebenes Serum, das durch Vorbehandlung eines Kaninchens mit dem Wasservibrio 6 (von Dr. Ruffer-Alexandrien isoliert) gewonnen war. Dasselbe wirkte, mit Choleravibrionen zusammengebracht, ziemlich stark komplementablenkend, enthielt aber

gar keine bakteriolytischen Ambozeptoren für Cholera (dagegen solche für den eigenen Stamm). Die mit diesem Serum erhaltene Ablenkung des Komplements, sowohl des hämolytischen, wie des bakteriziden, muß also ausschließlich auf die Wirkung des Bordetschen Antikörpers bezogen werden. Aus den ersten beiden Versuchen hatten wir geschlossen, daß dieser Antikörper bei 0° zunächst nur das hämolytische Komplement bindet und es war nun die Frage, wie das Ergebnis bei 37° sein würde. Von vornherein liegt ja kein Grund vor, bei diesem Antikörper eine überwiegende oder ausschließliche Avidität zu einem bestimmten Komplement vorauszusetzen.

Das zu dem Versuch benutzte Vibrio 6-Serum enthielt neben dem ablenkenden Antikörper bakteriolytische Ambozeptoren gegen den Vibrio 6, die sich aufs deutlichste sowohl durch Granulabildung im Reagenglase wie im Meerschweinchenperitoneum nachweisen ließen. Obgleich nicht anzunehmen war, daß diese Ambozeptoren in unserem Versuch, der ja mit Cholerabazillen angestellt wurde, in Wirksamkeit treten würden[1]), so haben wir diese Möglichkeit dennoch berücksichtigt, indem wir den Abguß der Röhrchen nicht nur mit sensibilisierten Cholerabazillen, sondern auch mit Vibrio 6, der ebenfalls durch sein eigenes Antiserum vorher sensibilisiert wurde, versetzten; es wäre ja denkbar gewesen, daß das Komplement für die beiden Vibrionenarten sich verschieden verhalten hätte. Zu diesem Zweck wurde der ganze Versuch doppelt angesetzt; die restierende Hälfte des Abgusses der zweiten Versuchsreihe versetzten wir schließlich mit je $^{1}/_{10}$ Öse nicht sensibilisierter Cholerabazillen.

Versuch 4a.

$1^{1}/_{4}$ Stunde bei 37°, dann zentrifugiert. Jedes Röhrchen doppelt angesetzt	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit:			
	a) sensib. Blutk.	b) sensib. Chol.-Baz.	c) sensib. Vibrio 6	d) nicht sensib. Chol.-Baz.
1. 0,06 Vibr. 6 Serum + $^{2}/_{7}$ Öse Chol. + 0,2 Kompl.	0	Vibrionen	Vibrionen	Vibrionen
2. 0,03 " " "	0	"	"	"
3. 0,01 " " "	Spürchen	"	"	"
4. 0,06 Normalserum " "	Spur	Vibr., spärl. Gran.	Vibr., spärl. Granula	"
5. 0,03 " " "	stark	Granula, vereinz. Vibr.	Gran., mäßig viel Vibr.	"
6. 0,01 " " "	"	"	"	"
7. 0,06 Vibr. 6-Serum — "	fast komplett	Granula	Granula, einz. Vibr.	"
8. — " "	komplett	"	"	"
9. — — "	"	"	Granula	"

Bei Untersuchung des Bodensatzes zeigte sich, daß derselbe, ohne weiteren Zusatz in Kochsalzlösung 1 Stunde bei 37° gehalten, überall gut erhaltene Vibrionen aufwies. Bei Zusatz von 0,1 Komplement ergab sich in allen Röhrchen Granulabildung.

Der Bodensatz dieser Röhrchen zeigt insofern eigenartige Verhältnisse, als die darin enthaltenen Cholerabazillen das bakterizide Komplement gebunden haben, jedoch nicht durch Vermittlung des bakteriolytischen Ambozeptors, sondern des Bordetschen

[1]) Eine Versuchsreihe ergab, wie zu erwarten war, daß die (für Vibrio 6) lytischen Ambozeptoren dieses Serums von Choleravibrionen nicht in nennenswertem Grade gebunden wurden.

Antistoffes. In einem solchen Falle ist das Komplement auf die Bakterien ohne Wirkung. Wir kommen auf dieses Ergebnis, daß durch andere Versuche bestätigt wurde, noch zurück.

Bei dem Kontrollversuch mit dem in dem obigen Versuch benutzten Komplement wurde in diesem Falle auch die Wirkung auf nicht sensibilisierte Cholerabazillen untersucht; eine entsprechende Versuchsreihe mit Vibrio 6 wurde nicht gemacht, aus Versuch 4a darf man wohl schließen, daß der sensibilisierte Wasservibrio eher etwas mehr Komplement zur Umwandlung in Granula bedurfte, als die sensibilisierten Cholerabazillen.

Versuch 4b.

Vergleichende Bestimmung der zur Hämolyse u. Vibriolyse erforderlichen Komplementmenge.

Komplement-menge	Mit 1,0 sensib Blutk.	Mit 1/10 Öse sensib. Cholerabazillen	Mit 1/10 Öse nicht sensib. Cholerabazillen
0,1	komplett	Granula	Granula u. zieml. reichl. Vibrionen
0,03	"	"	Vibrionen, mäßig Granula
0,01	fast komplett	Etwa gleichviel Granula u. Vibrionen	Vibrionen
0,003	schwach	Vibrionen, vereinz. Gran.	"
0,001	kleine Spur	Vibrionen	"

Das Serum, welches für Cholerabazillen nur Bordetschen Antikörper, aber keine lytischen Ambozeptoren enthält, hat also bei 37° nicht nur das hämolytische, sondern anscheinend in demselben Grade auch das bakterizide Komplement, sowohl für Cholera als für Vibrio 6, abgelenkt.

Daneben tritt in dem Versuch auch eine, wenn auch nicht beträchtliche Ablenkung in den nicht mit spezifischem Serum versetzten Röhrchen zutage, obwohl wir mit der Dosis der Cholerabazillen dieses Mal von 2/5 auf 2/7 Öse heruntergegangen waren. Ferner zeigt die letzte Kolumne, daß während der Versuchsdauer in allen Röhrchen, auch in dem Röhrchen 9, welches nur mit Kochsalzlösung verdünntes Komplement enthielt, dieses soweit abgeschwächt war, daß es die nicht sensibilisierten Vibrionen nicht mehr aufzulösen vermochte, während der Kontrollversuch 4 b eine starke, wenn auch nicht vollständige Granulabildung bei nicht sensibilisierten Vibrionen ergeben hatte. Auch bei anderen Versuchen haben wir öfter die Erfahrung bestätigt, daß beim Aufbewahren des mit Kochsalzlösung verdünnten Komplementes sowohl bei 37° wie auch bei 0° eine Abschwächung eintreten kann.

Die Ergebnisse des letzten Versuches rechtfertigen wohl in noch höherem Maße als die der vorhergehenden unseren Vorschlag, den komplementablenkenden Antikörper völlig von den bakteriziden Ambozeptoren abzusondern.

Gewiß läßt sich die Annahme, daß die ablenkenden Antikörper Ambozeptoren sind, oder wie sich manche Autoren vorsichtiger ausdrücken, daß sie „ambozeptorartigen Charakter« besitzen, in den meisten Fällen nicht direkt widerlegen.

So könnte man einige unserer Versuchsergebnisse vielleicht mit der, allerdings recht gezwungenen Hypothese erklären wollen, daß dabei die Ablenkung doch stets durch bakterizide Choleraambozeptoren erfolge, daß es aber unter diesen solche gäbe, die eine starke, und andere, die eine sehr geringe Verwandtschaft zu dem hämolytischen Komplement hätten. Man müßte dann freilich die weitere, schon sehr unwahr-

scheinliche Hypothese aufstellen, daß es sogar bakterizide Choleraambozeptoren gibt, die bei 0^0 überhaupt nur noch das hämolytische, aber nicht ihr eigenes Komplement binden.

Der letzte Versuch lehrt, daß man auch mit dieser Annahme nicht auskommt, Hier haben wir in dem Vibrio 6-Kaninchenserum einen Antikörper vor uns, der sich wenn wir ihm einen Ambozeptorcharakter beilegen wollen, bei 37^0 einerseits mit dem Cholerabazillus, anderseits mit dem für die Auflösung desselben geeigneten bakteriziden Komplement verbindet. Trotzdem ruft er keine Bakteriolyse hervor; dies geht schon aus dem an dem Bodensatz der betreffenden Röhrchen in Versuch 4 erhobenen Befunde hervor. Wir haben uns jedoch bei der Wichtigkeit, die wir diesem Punkte beimessen, in weiteren Versuchen vielfach davon überzeugt, daß dieses Vibrio 6-Serum mit Meerschweinchenkomplement zusammen weder im Reagensglase noch in der Bauchhöhle des Tieres irgend einen Einfluß auf Cholerabazillen hat, während ein solcher auf die eigenen Vibrionen in beiden Fällen sehr stark hervortritt. Ebenso ist die stark komplementablenkende Wirkung desselben Serums durch weitere Versuche bestätigt worden.

Nach der ursprünglichen Auffassung des Ambozeptors, wie sie sich aus den grundlegenden Entdeckungen über die Bakteriolyse und Hämolyse ergibt, verstehen wir darunter einen mit zwei bindenden Gruppen versehenen Körper, der sich einerseits an die Zelle verankert, andrerseits Komplement an sich reißt und somit die Funktion erfüllt, die Wirkung des Komplements auf die Zelle zu vermitteln. Nun hat man die weitere Hypothese aufgestellt, daß der Ambozeptor, der dann richtiger als »Polyzeptor“ bezeichnet wird, in vielen Fällen auch ein fremdes, zur Auflösung der betreffenden Zelle nicht geeignetes Komplement an sich zu ziehen vermag. Diese Hilfshypothese (deren Notwendigkeit wir hier nicht diskutieren wollen, wenngleich wir eine erneute Prüfung derselben, wie oben erwähnt, für angezeigt halten würden) steht mit dem Wesen des Ambozeptors in keinem Widerspruch. Wenn wir aber, wie in unserem letzten Versuche, einen Antikörper finden, der sich an Cholerabazillen verankert und dann das zur Auflösung derselben passende Komplement an sich reißt, ohne jedoch eine Auflösung der Vibrionen bewirken zu können, so darf man sich wohl dahin aussprechen, daß einem solchen Antikörper gerade die wesentlichste Eigenschaft eines Ambozeptors abgeht.

Ebensowenig läßt sich ein solches Verhalten mit dem Charakter einer „substance sensibilisatrice“ im Sinne Bordets in Einklang bringen, denn die Funktion derselben besteht ja darin, daß sie die Zelle für die Wirkung des Komplements zugänglich macht. In dem in Rede stehenden Falle wird aber das Komplement gerade an einer Stelle fixiert, wo es nicht zur Wirkung kommt, es ist daher der Ausdruck „Ablenkung“ des Komplements (déviation du complément) ein sehr treffender, während es sich bei den typischen Beispielen der Ambozeptorwirkung oder „Sensibilisierung“ umgekehrt um eine „Zuführung“ des Komplements handelt.

Welche Vorstellung wir uns nun aber von dem komplementablenkenden Antikörper machen sollen, wenn wir Ursache haben, demselben keinen Amboceptorcharakter

zuzuschreiben, darüber können wir vorläufig noch keine definitive Meinung aussprechen. Es erscheint uns jedoch nicht ganz gerechtfertigt, wenn mehrfach die Ansicht vertreten worden ist, es könne nach der Ehrlichschen Theorie überhaupt keine andere, als eine Amboceptorwirkung in Frage kommen, und es müßte daher allen spezifisch ablenkenden Substanzen mindestens ein „amboceptorartiger Charakter“ beigelegt werden.

Es widerspricht unseres Erachtens der Ehrlichschen Theorie durchaus nicht, wenn wir finden, daß eine Reihe sehr heterogener Stoffe eine starke Komplementbindung bewirkt. Man ist erst in neuerer Zeit darauf aufmerksam geworden, wie häufig dieses Vorkommnis ist, und Uhlenhuth (8) hat auf die praktische Bedeutung desselben bei Benutzung der Komplementablenkungsmethode für forensische Zwecke nach dem Vorgange von Neißer und Sachs hingewiesen. Unter diesen komplementablenkenden Stoffen befinden sich viele, bei denen man kaum von einem Amboceptorcharakter sprechen kann.

Um nur einen davon hervorzuheben, möchten wir auf die gallensauren Salze hinweisen. Das von Conradi entdeckte Verfahren zur Züchtung der Typhusbazillen aus dem Blut, von dem der Autor selbst mit Recht hervorhebt, daß es sich dabei weniger um eine eigentliche „Anreicherung“ der Typhuskeime, als vielmehr um eine Paralysierung der bakteriziden Kräfte des Blutes handelt, beruht offenbar auf der energischen Bindung des Komplements durch diese Stoffe. Wir haben uns durch eigene Versuche, von denen wir an dieser Stelle nur einen anführen wollen, von der starken Bindung des hämolytischen sowohl wie des bakteriziden Komplements durch das taurocholsaure Natrium überzeugt.

Versuch 5.

Ablenkung des hämolytischen und des bakteriolytischen Komplements durch taurocholsaures Natrium.

Nach einstündigem Aufenthalt bei 37° wurden einer Reihe je 1,0 sensibilisiertes Hammelblut, einer zweiten je 0,1 sensibilisierte Cholera-Vibrionen zugesetzt.

Menge des gallensauren Salzes	Meerschweinchen-Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 2 Stunden	Ergebnis der Bakteriolyse nach 2 Stunden
0,02	0,1	0	Vibrionen
0,005	0,1	0	„
0,001	0,1	komplett	„
0,0005	0,1	„	Vibr. und Granula
0,02[1])	—	0	Vibrionen
—	0,1	komplett	Granula
—	—	0	Vibrionen

Wir würden es mit den Ehrlichschen Theorien für wohl vereinbar halten, einem derartigen Stoffe einen direkten Einfluß auf das Komplement zuzuschreiben. Die Annahme einer indirekten Wirkung scheint uns jedoch näher zu liegen.

---

[1]) Das taurocholsaure Natrium zeigt gegenüber den drei Blutarten: Hammel-, Rind- und Ziegenblut insofern ein paradoxes Verhalten, als bei stärkerer Konzentration die hämolytische Wirkung ausbleibt, bezw verzögert eintritt. Wir kommen an anderer Stelle hierauf noch zurück.

Man kann nämlich auch annehmen, daß ein solcher Stoff zunächst eine Zustandsänderung der im Serum enthaltenen Kolloidstoffe bewirkt, wobei es häufig nicht zu einer sichtbaren Veränderung des Serums kommt; dieser Vorgang könnte nunmehr zur Komplementabsorbtion Veranlassung geben, sodaß diese dabei gewissermaßen eine sekundäre Erscheinung darstellen würde. Derartige kolloidale Reaktionen sind ja bereits öfters, so von Landsteiner und Stankovic (9) sowie von Seligmann (10) als Ursachen eines Komplementschwundes nachgewiesen und als Analogien für die spezifische Komplementablenkung herangezogen worden. Eine solche Auffassung hat das Bestechende, daß dadurch eine Anzahl anscheinend recht heterogener Erscheinungen (wie z. B. auch die seit langem bekannte Hemmung der Komplementwirkung durch starke Kochsalzlösung) einer einheitlichen Auffassung unterworfen werden könnten. Was die Komplementablenkung durch spezifische Antisera betrifft, so würden diese Anschauungen sich wieder in gewissem Grade den früher von Moreschi und Gay vertretenen nähern und für enge Beziehungen zwischen Präzipitation und Komplementablenkung sprechen, ohne daß wir jedoch den komplementablenkenden Antikörper für identisch mit dem Präzipitin halten werden.

Unsere Versuche führen zu den nachstehenden Schlußfolgerungen:

1. Die Annahme der Verschiedenheit des komplementablenkenden („Bordetschen") Antikörpers von den bakteriolytischen Ambozeptoren wurde bestätigt.

2. Während Bordet in seinen Versuchen über die Ablenkung des Komplements durch sensibilisierte Cholerabazillen einen Beweis für die Einheit des Komplements sah, hat die weitere Ausdehnung dieser Versuche im Gegenteil die Ehrlichsche Annahme der Vielheit der Komplemente bestätigt.

3. Bei unserer Versuchsanordnung zeigen die beiden Antikörper folgendes Verhalten zum Komplement: Der bakteriolytische Choleraambozeptor bindet in der Kälte (0^0-3^0) kein Komplement, bei 37^0 nur das zugehörige (bakterizide) aber nicht fremdes (hämolytisches) Komplement.

Der Bordetsche Cholera-Antikörper bindet in der Kälte (zunächst) nur das hämolytische, aber nicht das bakterizide Komplement, bei 37^0 dagegen beide Komplemente.

4. Unsere Versuche sprechen gegen die Annahme, daß der Bordetsche Antikörper Ambozeptorcharakter besitzt.

Groß-Lichterfelde, November 1907.

Nachtrag.

Als wir in Fortsetzung der obigen Versuche das Verhalten der Blutkörperchen zu Ambozeptor und Komplement bei niederer Temperatur untersuchten, erhielten wir das unerwartete Resultat, daß bei Blutkörperchen, die mit Komplement und einem reichlichen Überschuß an hämolytischem Ambozeptor einige Stunden bei 0^0 gehalten

werden, im Gegensatz zu dem Befunde von Ehrlich und Morgenroth eine Bindung des Komplements an den Ambozeptor und sogar eine beginnende Hämolyse eintreten kann. Wir haben solche Resultate auch dann erhalten, wenn wir uns durch genaue Messungen überzeugten, daß die Temperatur innerhalb der Röhrchen niemals 0^0 überschritt. Eine eingehende Mitteilung unserer Versuchsergebnisse wird in kurzem erfolgen. Es handelt sich also bei dem Ergebnis der klassischen Versuche von Ehrlich und Morgenroth nicht um ein so allgemeines Gesetz, wie es bisher allerseits angenommen worden ist. Selbstverständlich wird das Hauptresultat dieser Versuche, nämlich die zum ersten Male gelungene Trennung von Ambozeptor und Komplement dadurch nicht beeinträchtigt.

Nachdem von Ferrata die Zusammensetzung des Komplements aus zwei Teilstücken beschrieben worden war, lag es nahe zu untersuchen, wie sich die beiden Teilstücke zu einander und zu den Ambozeptoren bezw. zu den Bordetschen Antikörpern bei 0^0 verhielten. Diese Frage ist kürzlich von Hecker (Arb. aus dem Inst. für experim. Therap. Frankfurt 1907, Heft 3) gestreift worden. Uns ist es jedoch auch unter Benutzung der von Brand angegebenen Technik bisher nicht gelungen, eine deutliche Trennung von „Mittelstück“ und „Endstück“ zu erreichen, sondern das im Abguß des Dialysats enthaltene „Endstück“ wirkte bei Benutzung des hämolytischen Systems (Kaninchenantihammelblutserum-Hammelblutkörperchen) stets allein annähernd ebenso stark lösend, wie das Gesamtdialysat.

Literatur.

1. Neufeld und Hüne, Untersuchungen über bakterizide Immunität und Phagocytose nebst Beiträgen zur Frage der Komplementablenkung. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 25, S. 192.
2. Händel, Beitrag zur Kenntnis der Komplementablenkung. Vortrag auf dem XIV. intern. Kongr. f. Hyg und Dem. Deutsche med. Wochenschr. 1907.
3. Moreschi, Berl. klin. Wochenschr. 1906, S. 1243
4. Derselbe, Berl. klin. Wochenschr. 1907, S. 1204.
5. Liefmann, Berl. klin. Wochenschr. 1906, S. 448.
6. Sachs, Über Hämolysine, Lubarsch-Ostertags Ergebnisse usw. 1906.
7. Muir und Martin, Journal of hygiene 1906.
8. Uhlenhuth, Deutsche med. Wochenschr. 1906, S. 1244.
9. Landsteiner und Stankovic, Zentralbl. f. Bakt. Orig. Bd. 42, S. 353.
10. Seligmann, Berl. klin. Wochenschr. 1907, Nr 32.

Über den Nachweis und die quantitative Bestimmung von Reisspelzen in Futtermitteln.

Von

Dr. Franz Schröder,

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte.

Inhalt: I. Einleitung. — II. Untersuchung der Futtermittel auf den Gehalt an Reisspelzen. a) Qualitativer Nachweis der Reisspelzen. b) Quantitative Bestimmung der Reisspelzen. 1. Auf mikroskopische Beobachtung gegründetes Verfahren. 2. Auf chemischer Grundlage beruhendes Verfahren. 3. Beschreibung des chemischen Verfahrens. 4. Berechnung der Reisspelzenmenge. — III. Zusammenfassung.

I. Einleitung.

Die auf allen Gebieten der wirtschaftlichen und gewerblichen Tätigkeit sich geltend machende Notwendigkeit einer möglichst vollständigen und möglichst gewinnbringenden Ausnutzung aller Rohstoffe hat dahin geführt, daß industrielle Abfallstoffe sehr mannigfaltiger Natur, hauptsächlich solche der Müllerei, der Gärungsgewerbe, der Stärke-, Zucker- und Ölfabrikation in der Landwirtschaft als Futtermittel Verwendung finden. Der Handelsverkehr mit diesen Futtermitteln hat von Jahr zu Jahr an Bedeutung gewonnen, insbesondere hat auch die Menge der aus dem Auslande eingeführten Futtermittel eine stetige Vermehrung erfahren. Eine Übersicht über die in den letzten 10 Jahren aus dem Auslande eingeführten Mengen von Futtermitteln gibt die folgende Tabelle:

Tabelle 1.

Übersicht über die in den Jahren 1896 bis 1905 aus dem Auslande eingeführten Mengen von Futtermitteln[1]).

Jahr der Einfuhr	Kleie dz	Malzkeime Reisabfälle Kartoffelpülpe dz	Ölkuchen und Ölkuchenmehl dz	Futterbohnen dz	Futtergewächse dz
1896	6021590		3108858	—	540215
1897	5949524	641959	4199319	94311	593622
1898	4896714	744387	4795082	72240	551245
1899	6176840	701265	4806342	71788	828230
1900	7580470	712858	4996149	70598	1039381
1901	7684124	756703	5356309	43191	1116404
1902	6852489	745199	4873809	55323	938067
1903	9083188	888781	5027419	81730	684281
1904	9031220	1073742	5585580	62416	788624
1905	9828462	1365830	5831070	60995	751175

[1]) Die Zahlen stellen die Werte für den Spezialhandel dar und sind der Statistik des Deutschen Reiches entnommen.

Im Vergleich zu Grünfutter zeichnen sich die meisten im Handelsverkehr befindlichen Futtermittel durch einen höheren Gehalt an Nährstoffen aus. Schon der Umstand, daß die Transportkosten einen beträchtlichen Anteil an der Preisbildung für Handelsfuttermittel nehmen, macht die nährstoffreicheren Abfälle für den Großhandel geeigneter.

Von den Landwirten wird indessen in Fachzeitschriften schon seit längerer Zeit lebhaft Klage darüber geführt, daß stark minderwertige Industrieabfälle in zunehmendem Maße zum Verfälschen vollwertiger Futtermittel Verwendung finden oder unter Bezeichnungen, welche die wahre Beschaffenheit der Ware nicht erkennen lassen, in den Handel gebracht werden. Über die Erfahrungen, welche die landwirtschaftlichen Versuchsstationen des Deutschen Reiches bei der Untersuchung von Futtermitteln in den letzten Jahren gewonnen haben, wird im 31. Jahrgang des Archivs des Deutschen Landwirtschaftsrates Seite 150 bis 202 eingehend berichtet. An dieser Stelle wird z. B. mitgeteilt, daß in den Jahren 1897 bis 1905 von der agrikulturchemischen Kontrollstation Halle a. S. 11021 Futtermittelproben untersucht und davon 972 Proben (= 8,8 %) beanstandet wurden. Während des gleichen Zeitraumes mußten von der landwirtschaftlichen Versuchsstation Königsberg bei 7983 untersuchten Proben 868 Beanstandungen (= 10,8 %) ausgesprochen werden, und die agrikulturchemische Versuchsstation Köslin beanstandete von 1853 auf Reinheit und Unverdorbenheit untersuchten Futtermitteln 565 Proben (= 30,5 %). Von der landwirtschaftlichen Versuchsstation Möckern wurden in der gleichen Zeit 8506 Futtermittel mikroskopisch untersucht; davon erwiesen sich 969 Proben (= 11,4 %) als verfälscht, 387 Proben (= 4,5 %) als verdorben, während 1659 Proben (=19,5 %) nicht normal, d. h. nur in geringem Grad mit fremden Beimengen versetzt oder dumpfig waren. Soweit Angaben über die im Jahre 1905 erhaltenen Ergebnisse vorliegen, sind diese in nachfolgender Tabelle (S. 215) zusammengestellt.

Unter den zum Verfälschen von Futtermitteln verwendeten minderwertigen Stoffen spielen die Reisspelzen eine beträchtliche Rolle, welche als lästiges Nebenerzeugnis bei der Reismüllerei abfallen, und die nur schwierig nutzbringend verwertet werden können. Nach den Erfahrungen der Versuchsstationen werden Reisspelzen namentlich zur Verfälschung von Reisfuttermehl, von Kleie und von Melassefuttermitteln verwendet und je nach dem Feinheitsgrad des Futtermittels in mehr oder weniger zerkleinertem Zustande zugesetzt. Dadurch wird der Nährwert des Futtermittels in erheblichem Maße herabgedrückt, ohne daß die Verfälschung an der Ware unmittelbar erkennbar ist. Als Maßstab für die Güte eines Futtermittels ist nach O. Kellner der Stärkewert anzusehen, unter dem man den zahlenmäßigen Ausdruck für die Summe der verdaulichen und für das Tier nutzbringenden Nährstoffe versteht. Vergleicht man Reisspelzen mit den der Verfälschung besonders häufig unterliegenden Futtermitteln und legt hierbei die Stärkewerte zu Grunde, welche O. Kellner in seinem Lehrbuch: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere[1]) anführt, so ergibt sich, das Reisspelzen 27 mal geringwertiger als Reisfuttermehl, 18,8 mal geringwertiger als Roggen-

[1]) II. Auflage S. 568 und 571.

Tabelle 2.
Ergebnisse bei der Untersuchung von Futtermitteln im Jahre 1905.

Landwirtschaftliche Versuchsstation zu:	Anzahl der untersuchten Proben	Anzahl der Beanstandungen %
Danzig	1126	44
Posen	2896	29,9
Dahme	673	21
Kempen	4790	12,7
Speyer	136	23,5
Insterburg	212	0
Göttingen	—	67
Hildesheim	202	41,1
Marburg	939	7,13
Würzburg	163	10,4
Pommritz	1712	31,0
Augustenburg	235	5,1
Jena	297 (450)[1]	6,4 (9,6)[1]
Berlin (Versuchsanstalt des Verbandes Deutscher Müller)	79	26,6

kleie und 19,2 mal geringwertiger als feine Weizenkleie sind. Es besteht somit ein erhebliches Interesse, einen etwaigen Gehalt der Futtermittel an Reisspelzen feststellen zu können. In welcher Weise die Anwesenheit von Reisspelzen erkannt und ihre Menge bestimmt werden kann, bildet den Inhalt der nachfolgenden Ausführungen.

II. Untersuchung von Futtermitteln auf einen Gehalt an Reisspelzen.

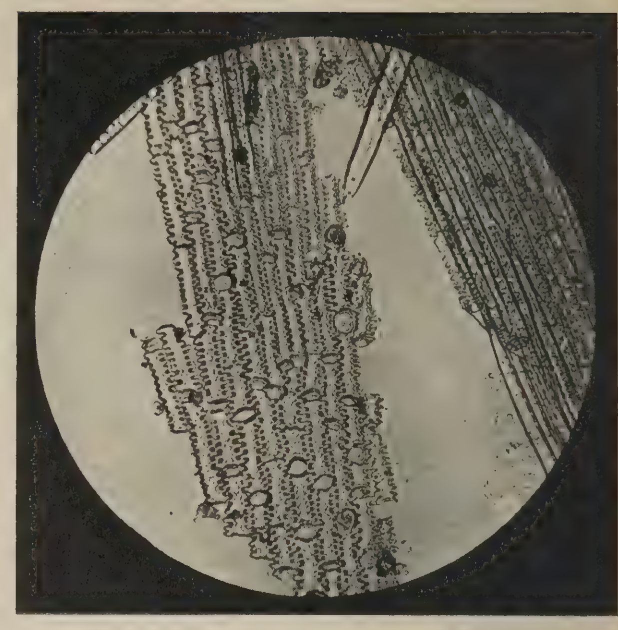
a) Qualitativer Nachweis der Reisspelzen.

Gemahlene Reisspelzen sind in ihrem Aussehen nicht derartig gekennzeichnet, daß sie mit bloßem Auge in einem Gemisch mit Kleie unmittelbar wahrgenommen werden können. Dem Geübteren gelingt es mit Hülfe der Lupe Bruchstücke von Reisspelzen durch die ihnen eigentümliche Längs- und Querstreifung nachzuweisen, indessen können bei diesem Verfahren vorhandene Reisspelzen leicht übersehen werden und stattgehabte Verfälschungen somit unerkannt bleiben. Wesentlich zuverlässiger ist die Prüfung mittels des Mikroskops, die zum Nachweis von Reisspelzen allgemein angewandt wird und eine Erkennung der Reisspelzen auf Grund des anatomischen Baues ihres äußeren Oberhautzellgewebes leicht und sicher ermöglicht. In der Flächenansicht betrachtet, erscheinen die Oberhautzellen in Längsreihen angeordnet, und die einzelnen Zellen weisen überaus charakteristische fingerförmige Ausstülpungen und Einbuchtungen auf, von denen diejenigen der einen Zellreihe in die der benachbarten Zellreihen eingreifen. Die Epidermiszellen der Hafer- und Gerstenspelzen sowie die-

[1]) Die Zahlen beziehen sich auf die Proben, welche nur mit Hilfe des Mikroskopes geprüft wurden.



Reis,
Oberhautzellen der Spelze.



Gerste,
Oberhautzellen der Spelze.

Vergrößerung 1 : 150.



Mais,
Oberflächenzellen der Deckspelze.



Hafer,
Oberhautzellen der Deckspelze.

Vergrößerung 1 : 150.

jenigen einiger Unkrautsamen wie Lolch (Lolium temulentum), Trespe (Bromus secalinus) Quecke (Triticum repens) und Hühnerfennich (Panicum crus galli) sind zwar den Oberhautzellen der Reisspelzen insofern ähnlich, als sie von wellenförmig verlaufenden Zellwänden begrenzt werden, indessen ist die Faltung der Zellwände niemals eine so tiefe wie bei den Reisspelzen, sodaß eine sichere Unterscheidung der letzteren von den obengenannten Spelzen keine Schwierigkeiten bietet. Zur Veranschaulichung der mikroskopischen Merkmale, die den Reisspelzen und einigen ähnlich gebauten Spelzenarten eigentümlich sind, sind (Seite 216 und 217) die Mikro-



Weizenkleie,
Querzellen.



Roggenkleie,
Querzellen.

Vergrößerung 1 : 150.

photogramme der Oberhautzellen der Reis-, Gersten-, Mais- und Haferspelzen wiedergegeben; zum Vergleich sind die entsprechenden Mikrophotogramme der Weizen- und Roggenkleie, die der Verfälschung durch Reisspelzen besonders häufig ausgesetzt sind, daneben gesetzt.

Für die mikroskopische Untersuchung werden die Futtermittel in der allgemein üblichen Weise vorbereitet; das Auffinden vorhandener Reisspelzen, welche durch die Vorbehandlung mit verdünnter Salpetersäure und Natronlauge wesentlich lichtdurchlässiger und leichter erkennbar werden, bietet alsdann keinerlei Schwierigkeiten. Damit auch kleinere Mengen von Reisspelzen, die in Futtermitteln enthalten sind, nicht übersehen werden, empfiehlt es sich, mehrere nicht zu kleine Präparate bei einer mäßig starken Vergrößerung (etwa 150fach) durchzumustern, wobei ein beweglicher Objekttisch gute Dienste leistet. Läßt man auf die Präparate eine verdünnte wässerige

Lösung von Rhodamin oder Methylviolett kurze Zeit einwirken, so tritt das mikroskopische Bild infolge der Färbung der Zellwände noch etwas deutlicher hervor; indessen ist diese Behandlung mit Farbstofflösungen entbehrlich, da sich auch an ungefärbten Reisspelzen die eigentümlichen Zellformen leicht und mit Sicherheit erkennen lassen. Von den mit Rhodamin- und Methylviolettlösung angefärbten Reisspelzen lassen sich auch Dauerpräparate in Glyzeringelatine herstellen.

Ist in dem der Prüfung unterliegenden Futtermittel die Anwesenheit von Reisspelzen mit Hilfe des Mikroskops nachgewiesen, und handelt es sich nicht bloß um ganz vereinzelt vorkommende Bruchstücke, die den Futterwert nicht beeinflussen und deshalb ohne Bedeutung sind, so ist qualitativ die Verfälschung des Futtermittels festgestellt, es sei denn, daß es sich um Reisfuttermehl handelt; in letzterem Falle ist das Vorhandensein von Reisspelzen nicht ohne weiteres als Fälschung aufzufassen. Die besseren Sorten des Reisfuttermehls bestehen im wesentlichen aus den bei der Verarbeitung des Roh-Reises abgesonderten Keimen, ferner aus der das eigentliche Reiskorn umhüllenden Samenschale, die als Silberhaut bezeichnet wird, und den beim Mahlvorgang vom Reiskorn abgeriebenen oberen Schichten des Nährgewebes. Zu diesen wertvollen Bestandteilen kommen noch in geringem Maße die Reisspelzen hinzu, deren gänzliches Fernhalten bei der technischen Verarbeitung des Roh-Reises nicht möglich ist. Die Güte eines Reisfuttermehles steht also im umgekehrten Verhältnis zu seinem Gehalt an Reisspelzen. Für die Beurteilung eines Reisfuttermehles ist es demnach von Wichtigkeit, die Menge der darin enthaltenen Reisspelzen zu kennen. Soll in einem anderen, mit Reisspelzen vermischten Futtermittel nicht nur die Verfälschung an sich, sondern auch der Grad der Verfälschung und die dadurch bedingte Wertminderung festgestellt werden, so hat dies gleichfalls durch eine quantitative Bestimmung der Reisspelzen zu geschehen.

Eingehende mikroskopische Studien über die Erkennung und Unterscheidung der in Nahrungs- und Futtermitteln vorkommenden Spelzen sind von J. Formanek[1]) veröffentlicht worden. Auf diese Abhandlung sowie auf die in den landwirtschaftlichen Versuchsstationen veröffentlichten Monographien der wichtigsten Futtermittel und das von C. Böhmer verfaßte Werk: Die Kraftfuttermittel[2]) seien diejenigen verwiesen, welche sich über den anatomischen Aufbau der verschiedenen Spelzenarten umfassender unterrichten wollen.

b) Quantitative Bestimmung der in einem Futtermittel enthaltenen Reisspelzen.

1. Auf mikroskopische Beobachtung gegründetes Verfahren.

Um die in einem Futtermittel vorhandenen Reisspelzen der Menge nach zu ermitteln, ist man bisher meist in der Weise verfahren, daß man mikroskopische Präparate des Futtermittels unter Zuhilfenahme eines beweglichen Objekttisches planmäßig unter dem Mikroskop durchmusterte und auf Grund eines Vergleiches mit Präpa-

---

[1]) Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1899. S. 833.

[2]) C. Böhmer, Die Kraftfuttermittel, ihre Rohstoffe, Herstellung, Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Verwendung, mit besonderer Berücksichtigung der Verfälschungen und der mikroskopischen Untersuchung. Berlin, P. Parey, 1903.

raten von bekanntem Gehalt eine Schätzung der Spelzenmenge vornahm. Dieses Verfahren zeichnet sich zwar durch Einfachheit und schnelle Ausführbarkeit aus, kann jedoch nur sehr schätzungsweise und angenäherte Ergebnisse liefern und somit nicht als eine eigentliche quantitative Methode bezeichnet werden. Die Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse hängt zudem von dem Grade der besonderen Erfahrung und Übung des Untersuchenden in hohem Maße ab, und die Schwierigkeit des Abschätzens der Menge der Reisspelzen wird noch dadurch erhöht, daß die einzelnen Bruchstücke von sehr verschiedener Größe sind.

Soll die Menge der in einem Futtermittel enthaltenen Reisspelzen möglichst genau ermittelt werden, so kann nur ein chemisches quantitatives Verfahren in Betracht kommen. Als solches hat sich das folgende bewährt.

2. Auf chemischer Grundlage beruhendes Verfahren.

Vergleicht man die chemische Zusammensetzung der Reisspelzen mit derjenigen der gebräuchlichen Handelsfuttermittel, so zeigt sich ganz allgemein, daß die Gehalte an Fett und Eiweiß, die den Wert eines Futtermittels bedingen, bei Reisspelzen ganz besonders niedrig sind, während um so größere Mengen von Rohfaser, Asche und Kieselsäure darin vorkommen. In der nachfolgenden Tabelle ist die chemische Zusammensetzung, welche die Trockensubstanz und die Asche der Reisspelzen und einiger Futtermittel aufweisen, verzeichnet.

Tabelle 4. Chemische Zusammensetzung der Trockensubstanz und Asche einiger Futtermittel[1]).

Gehalt an:		Weizenkleie	Roggenkleie	Haferkleie	Gerstenkleie bezw. Gerstenhülsen	Maisschalenkleie	Reisfuttermehl (mittlere Sorte)	Reisschalen
Wasser		11,76	10,90	11,0	12,3	13,50	10,30	10,20
Eiweiß	bezogen auf Trockensubstanz	16,81	17,94	9,44	11,73	11,74	13,71	4,97
Fett	bezogen auf Trockensubstanz	3,99	3,72	3,82	3,87	5,49	13,38	2,41
Stickstofffreie Extraktstoffe (Stärke u. andere Kohlenhydrate)	bezogen auf Trockensubstanz	62,85	68,56	53,15	57,63	67,95	53,29	39,30
Rohfaser	bezogen auf Trockensubstanz	9,20	4,80	24,27	18,68	12,02	9,59	38,92
Asche	bezogen auf Trockensubstanz	5,50	8,22	8,31	5,63		5,23	17,40
Kali	bezogen auf Asche	27,88	27,00	6,31	16,81		11,47	1,60
Natron	bezogen auf Asche	0,59	1,34	4,12	1,40		—	1,58
Kalk	bezogen auf Asche	2,97	3,47	5,55	3,71		2,59	1,01
Magnesia	bezogen auf Asche	16,95	15,82	2,06	6,27		17,52	1,96
Eisenoxyd	bezogen auf Asche	0,68	2,50	1,46	1,69		7,63	0,54
Phosphorsäure	bezogen auf Asche	50,58	47,48	1,86	18,45		43,64	1,86
Schwefelsäure	bezogen auf Asche	0,25	—	4,86	1,92		0,22	0,92
Kieselsäure	bezogen auf Asche	0,89	1,99	70,74	48,73		16,93	89,71
Chlor	bezogen auf Asche	—	—	1,16	1,25		—	—

[1]) Die Zahlen sind aus J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. IV. Auflage, Bd. II, diejenigen für die Zusammensetzung der Reinasche von Haferkleie aus dem Werk: Die Futtermittel des Handels, herausgegeben durch den Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche, 1906, Seite 994 entnommen.

Die größten Verschiedenheiten in der Zusammensetzung zwischen Reisspelzen und den übrigen Stoffen bestehen demnach in dem Kieselsäuregehalt der Asche. Die Bestimmung dieses Wertes muß also zur quantitativen Ermittelung der in einem Futtermittel enthaltenen Menge von Reisspelzen vorzugsweise geeignet sein, da schon sehr geringe Zusätze von Reisspelzen den Kieselsäuregehalt der Asche des Futtermittels merklich zu erhöhen vermögen. Nimmt man z. B. an, daß in einer mit Reisspelzen vermischten Weizenkleie die Menge des Fälschungsmittels durch eine Kieselsäurebestimmung ermittelt werden soll, so liefern die vorhandenen Reisspelzen beim Veraschen zunächst etwa 3 mal mehr Asche als die gleiche Menge Weizenkleie. Die Asche der Reisspelzen ist außerdem ungefähr 100 mal reicher an Kieselsäure als diejenige der Weizenkleie. Demnach ist die aus einem Gewichtsteil Reisspelzen stammende Kieselsäuremenge etwa 300 mal größer als die in dem gleichen Gewicht Weizenkleie enthaltene Menge von Kieselsäure. Dieser zwiefache Einfluß, der einerseits durch den größeren Aschengehalt der Reisspelzen, andererseits durch den größeren Kieselsäuregehalt der Asche ausgeübt wird, ist für die Bestimmung kleiner Mengen von Reisspelzen von besonderem Vorteil und für die Berechnung der Menge des Fälschungsmittels maßgebend.

In welcher Weise sich die Werte für Rohfaser, Asche und Kieselsäure beim Vermischen einer reinen Weizenkleie mit bestimmten Mengen Reisspelzen ändern, zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 5.

Übersicht über die Gehalte einiger Mischungen von Weizenkleie und Reisspelzen an Rohfaser, Asche und Kieselsäure.

Gehalt der Weizenkleie an Reisspelzen	Gehalt an Rohfaser, bezogen auf Trockensubstanz	Gehalt an Asche, bezogen auf Trockensubstanz	Gehalt an Kieselsäure	
			bezogen auf Asche	bezogen auf Trockensubstanz
%	%	%	%	‰
0	9,20	5,50	0,89	0,49
5	10,69	6,10	13,57	8,28
10	12,17	6,69	23,99	16,8
25	16,63	8,48	46,48	39,5
50	24,06	11,45	68,38	78,3
100	38,92	17,40	89,71	156,1

Während ein Zusatz von 5% Reisspelzen die Werte für Rohfaser und Asche nur um 1,49% und 0,60% ändert, steigt der Kieselsäuregehalt um 12,68% und 7,79‰, je nachdem man diesen auf Asche oder Trockensubstanz bezieht.

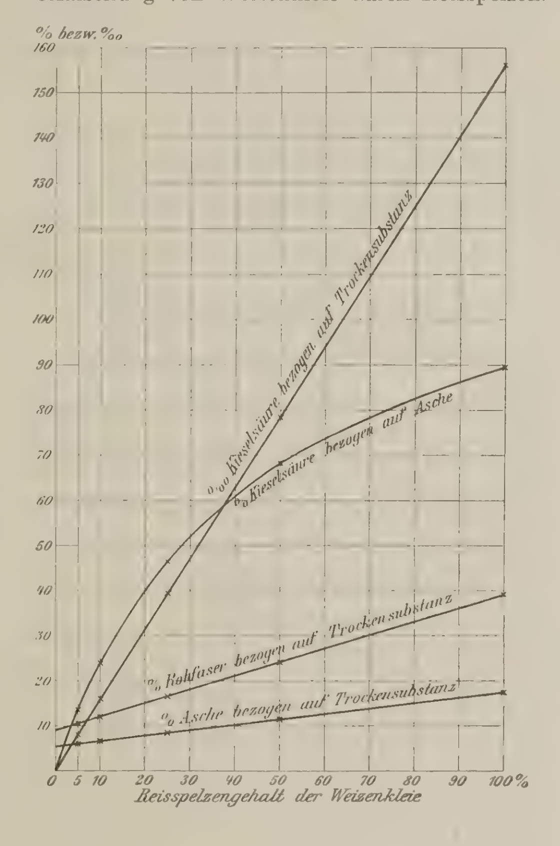
Besonders übersichtlich werden diese Beziehungen zwischen Fälschungsmittel und Änderung der chemischen Zusammensetzung bei Weizenkleie, wenn man, wie dies in der nachstehenden Tabelle (Seite 221) geschehen ist, die obigen Werte für Reisspelzen, Rohfaser, Asche und Kieselsäure in ein Koordinatensystem einträgt; aus den

erhaltenen Kurven ist ersichtlich, daß zur quantitativen Bestimmung von Reisspelzen in Futtermitteln die Ermittelung des Kieselsäuregehalts besonders geeignet ist.

3. Beschreibung des chemischen Verfahrens zur Bestimmung der Reisspelzen.

Soll durch eine Kieselsäurebestimmung die Menge der in einem Futtermittel enthaltenen und durch das Mikroskop bereits qualitativ nachgewiesenen Reisspelzen ermittelt werden, so ist auf die sandigen und erdigen Bestandteile, welche regelmäßig in den Industrieabfällen enthalten sind, Rücksicht zu nehmen. Damit nur die am chemischen Aufbau der Abfallstoffe teilnehmende Kieselsäure und nicht auch die mechanisch beigemengte zur Wägung kommt, verfährt man zweckmäßig in folgender Weise:

Graphische Darstellung des steigenden Gehaltes an Rohfaser, Asche und Kieselsäure mit fortschreitender Verfälschung von Weizenkleie durch Reisspelzen.



Von dem zu prüfenden Futtermittel wird eine Menge, welche 20 g Trockensubstanz entspricht, in einer Platinschale abgewogen und vorsichtig verascht. Nachdem ein stärkeres Glimmen der verkohlenden Masse eingetreten ist, entfernt man den Brenner und bringt ihn erst dann wieder unter die Platinschale, wenn die freiwillige Verbrennung nur noch langsam fortschreitet und der Unterstützung bedarf; während der Veraschung rührt man die Masse von Zeit zu Zeit mit einem Platinspatel durch. Die Anwendung höherer Glühtemperaturen bei der Veraschung ist unbedingt zu vermeiden, da sonst die Alkalisalze zum Schmelzen kommen und die noch vorhandenen Kohleteilchen umhüllen, wodurch deren Verbrennung verhindert wird. Ferner ist zu beachten, daß bei höheren Temperaturen bekanntlich aus den Phosphaten der Asche durch glühende Kohle leicht elementarer Phosphor gebildet werden kann, welcher sich mit dem Platin verbindet und die Schale brüchig und unbrauchbar macht. Dieser Umstand ist hier von besonderer Bedeutung, da die Asche der meisten Futtermittel reich an Phosphaten ist. Das Einäschern der Proben bietet sonst keine besonderen Schwierigkeiten, auch braucht die Veraschung nicht bis zur vollständigen Verbrennung sämtlicher Kohleteilchen fortgesetzt zu werden, da diese die Kieselsäurebestimmung in keiner Weise beeinträchtigen. Aus diesem Grunde ist auch das zur Gewinnung

einer kohlefreien Asche sonst übliche Auslaugen der unvollständig veraschten Masse mit heißem Wasser und Verbrennen der zurückbleibenden Kohle nicht erforderlich. Da die wäßrigen Auszüge mancher Aschen oftmals sehr langsam filtrieren, ist es um so vorteilhafter, daß diese zeitraubende Arbeit unnötig ist. Soll eine größere Anzahl von Proben verascht werden, so leistet ein mit Platin- oder Nickelblech ausgekleideter elektrischer Muffelofen, dessen Temperatur sich leicht so regeln läßt, daß die Asche noch nicht zum Schmelzen kommt, gute Dienste. Hat man die Proben zuvor in der gewöhnlichen Weise verkohlt, so läßt sich im Muffelofen die Veraschung in kurzer Zeit mühelos zu Ende führen.

Die gewonnene Asche wird mit wenig Wasser angefeuchtet und dazu etwa die 100 fache Menge 10 %ige Salzsäure langsam zugegeben, wobei die Platinschale zur Vermeidung von Spritzverlusten in bekannter Weise mit einem Uhrglas bedeckt zu halten ist. Die salzsaure Lösung wird zusammen mit dem ungelösten Teil der Asche eine Stunde lang auf dem Wasserbad erhitzt, wobei die Hauptmenge der aus den Reisspelzen stammenden Kieselsäure in der Regel gelöst bleibt und nur in seltenen Fällen sich als Gallerte abscheidet. Darauf wird das Ungelöste, welches hauptsächlich aus den sandigen Beimengungen des Futtermittels, zum kleineren Teil auch aus gallertartiger Kieselsäure und etwas Kohle besteht, von der Flüssigkeit durch Filtrieren getrennt und der Rückstand ausgewaschen ohne Zuhilfenahme einer Saugpumpe, da etwa vorhandene gallertartige Kieselsäure die Filterporen beim Absaugen verstopfen und das Filtrieren unmöglich machen würde. Nachdem das Filter getrocknet ist, wird der Filterrückstand davon abgelöst, das Filter unter Vermeidung starken Glühens verascht und Filterrückstand nebst Asche mit 20 ccm einer gesättigten Natriumkarbonatlösung, die 1 % Kaliumhydroxyd enthält, in einer bedeckten Platinschale ½ Stunde lang erhitzt. Hierdurch wird die aus den Reisspelzen stammende Kieselsäure in Lösung gebracht, während die sandigen Verunreinigungen zurückbleiben. Die Flüssigkeit wird darauf abfiltriert, die auf das Filter gekommenen Teile des unlöslichen Rückstandes in die Platinschale zurückgespritzt, die Behandlung mit 20 ccm obiger Sodalösung wiederholt und der nunmehr nur noch aus Sand bestehende unlösliche Rückstand auf dem Filter gesammelt und ausgewaschen. Die beiden alkalischen Filtrate vereinigt man mit dem oben erhaltenen salzsauren Filtrat, ohne daß durch die freiwerdende Kohlensäure Verluste eintreten, gibt erforderlichenfalls noch Salzsäure hinzu, bis die Flüssigkeit sauer reagiert, und verdampft die so erhaltene Lösung, welche nunmehr die gesamte aus dem Futtermittel stammende Kieselsäure enthält, in einer Porzellanschale auf dem Wasserbad zur Staubtrockne. In dem Trockenrückstand wird die Kieselsäure dann in der gewohnten Weise bestimmt und zur Wägung gebracht.

Sind z. B. 20 g reine Weizenkleie zu der Untersuchung verwendet worden, so findet man etwa 0,010 g Kieselsäure, dagegen kommen aus der gleichen Menge Weizenkleie 0,0409 g Kieselsäure zur Wägung, wenn diese Kleie mit 1 % Reisspelzen vermischt war. Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß 20 g des Futtermittels im allgemeinen ausreichen, damit die Menge der zur Wägung kommenden Kieselsäure nicht zu klein wird. Anderseits ist es nicht zu empfehlen, wesentlich mehr als 20 g des Futtermittels für die Kieselsäurebestimmung zu verwenden, da sonst die Durchführung der Analyse zeitraubender und umständlicher wird.

4. Berechnung der Reisspelzenmenge aus der gefundenen Menge Kieselsäure.

Schon auf Seite 220 ist darauf hingewiesen worden, daß für die Berechnung der Reisspelzenmenge aus der gefundenen Kieselsäure zwei Faktoren von Bedeutung sind, einerseits der Aschengehalt der Reisspelzen, andererseits der Kieselsäuregehalt der Reisspelzenasche. Da die Menge der Reisspelzen nicht wie bei den meisten analytischen Arbeiten mit Hilfe einer einfachen Proportion aus der durch die Analyse ermittelten Kieselsäuremenge abgeleitet werden kann, so soll an dem Beispiel einer durch Reisspelzen verfälschten Weizenkleie der Weg gezeigt werden, welcher bei der Berechnung einzuschlagen ist:

Sind g Gramm der verfälschten Kleie zu der Untersuchung verwendet worden und bezeichnet man die darin enthaltenen unbekannten Mengen von Weizenkleie und Reisspelzen mit x und y, so besteht zunächst die Gleichung:

$$x + y = g \quad (1)$$

Zur Berechnung der Reisspelzenmenge ist nunmehr noch die Annahme eines bestimmten Durchschnittswertes für den Aschengehalt der Weizenkleie notwendig. Nach den Tabellen von J. König[1]) hat die Zahl 5,50 % die größte Wahrscheinlichkeit für sich. Ebenso ist es notwendig, für den Kieselsäuregehalt der Asche der Weizenkleie einen Wert festzusetzen, der gemäß den darüber ausgeführten Untersuchungen mit 0,89 % angenommen werden kann. In gleicher Weise ist der Aschegehalt der Reisspelzen mit 17,40 % und der Kieselsäuregehalt dieser Asche mit 89,71 % einzusetzen. Zur Vereinfachung der Ableitung der Gleichung sollen diese vier Werte mit a, c, b und d bezeichnet werden. Alsdann liefern x Teile Weizenkleie beim Verbrennen $\frac{x \cdot a}{100}$ Teile Asche und in dieser Aschenmenge sind $\frac{x \cdot a}{100} \cdot \frac{c}{100}$ Teile Kieselsäure enthalten; y Teile Reisspelzen geben beim Verbrennen $\frac{y \cdot b}{100}$ Teile Asche mit einem Kieselsäuregehalt von $\frac{y \cdot b}{100} \cdot \frac{d}{100}$ Teilen. Die Menge der in g Teilen der verfälschten Kleie enthaltenen Kieselsäure ist durch die Analyse zu e Gramm ermittelt worden. Es ergibt sich somit die folgende 2. Gleichung:

$$\frac{x \cdot a}{100} \cdot \frac{c}{100} + \frac{y \cdot b}{100} \cdot \frac{d}{100} = e \quad (2)$$

Mit Hilfe dieser beiden Gleichungen lassen sich die Werte für x und y berechnen. Man erhält schließlich:

$$x = \frac{b \cdot d \cdot g - 10000\, e}{b\, d - a\, c} \qquad (3)$$

und

$$y = g - \frac{b \cdot d \cdot g - 10000\, e}{b\, d - a\, c} \quad (4)$$

---

[1]) J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Auflage. Bd. II.

Beträgt z. B. die Menge des zur Untersuchung verwendeten Futtermittels 20 Gramm, und werden als Mittelwerte für die Aschen- und Kieselsäuregehalte der Weizenkleie und Reisspelzen folgende Werte angenommen:

für a 5,50
„ b 17,40
„ c 0,89
„ d 89,71

beträgt außerdem die Menge e der in 20 g Kleie gefundenen Kieselsäure 0,3120 g, so erhält man für y

$$y = 20 - \frac{17{,}40 \cdot 89{,}71 \cdot 20 - 10\,000 \cdot 0{,}3120}{17{,}40 \cdot 89{,}71 - 5{,}50 \cdot 0{,}89} \text{ g}$$

und findet durch Ausrechnung, daß in 20 g der untersuchten Weizenkleie 1,943 g Reisspelzen d. h. 9,71 % enthalten sind.

Diese an dem Beispiel der Weizenkleie durchgeführten Berechnungen lassen sich auch auf andere mit Reisspelzen verfälschte Futtermittel übertragen. Die mittleren Gehalte an Asche und Kieselsäure der wichtigsten Futtermittel können den Werken von Dietrich und König[1]), König[2]) und Wolff[3]) entnommen werden, sodaß lediglich der Kieselsäuregehalt des verfälschten Futtermittels bestimmt zu werden braucht, um mit größter Annäherung den Gehalt an Reisspelzen berechnen zu können.

III. Zusammenfassung.

1. Der qualitative Nachweis von Reisspelzen kann in einfacher und zuverlässiger Weise mit Hilfe des Mikroskopes erbracht werden; dagegen ist es nicht zu empfehlen, die Anwesenheit von Reisspelzen in Futtermitteln allein durch eine Prüfung mit der Lupe zu ermitteln, da dieses Verfahren nicht genügend zuverlässig ist.

2. Verfälschungen von Reisfuttermehl durch Reisspelzen lassen sich nicht durch den qualitativen Nachweis von Reisspelzen, sondern nur durch eine quantitative Bestimmung der letzteren feststellen, da deren vollständiges Fernhalten vom Reisfuttermehl bei der technischen Verarbeitung des Roh-Reises nicht möglich ist.

3. Die Menge der in einem Futtermittel enthaltenen Reisspelzen läßt sich mit Hilfe des Mikroskopes durch Vergleich mit Präparaten von bekanntem Gehalt nur mit mäßiger Genauigkeit bestimmen. Dagegen unterscheiden sich Reisspelzen im Kieselsäuregehalt von allen gebräuchlichen Futtermitteln in so erheblichem Maße, daß mit Hilfe der Bestimmung der Kieselsäure die in einem Futtermittel enthaltene Menge von Reisspelzen mit einer großen Annäherung ermittelt werden kann.

Berlin, im Dezember 1907.

---

[1]) Th. Dietrich und J. König, Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futtermittel. 2. Aufl. 1891. Berlin, J. Springer.

[2]) J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Auflage, 1903/4. Berlin, J. Springer.

[3]) E. Wolff, Aschen-Analysen von land- und forstwirtschaftlichen Produkten, Fabrik-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen. 1880. Berlin, Wiegand, Hempel und Parey.

Die Ausscheidung der schwefligen Säure beim Menschen in Versuchen mit schwefligsaurem Natrium und mit den Natriumsalzen gebundener schwefliger Säuren.

Von

Dr. Fr. Franz und **Dr. G. Sonntag,**

ständigen Mitarbeitern im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Einleitung.

Nachstehende Arbeit bildet einen weiteren Teil der pharmakologischen Untersuchungen des Gesundheitsamtes[1]) über die freie und die organisch gebundene schweflige Säure und behandelt im ersten Abschnitt anschließend an die von G. Sonntag und P. Hoffmann ausgeführten Versuche[2]) über die Ausscheidung von neutralem schwefligsaurem Natrium und acetaldehydschwefligsaurem Natrium beim Tier die Wirkung dieser Stoffe in einem Stoffwechselversuch auf den Organismus des Menschen.

Sonntag und Hoffmann sind bei ihrem gleichzeitig mit 2 Hunden angestellten Versuch zu folgendem Ergebnis gekommen: Der bei weitem größte Teil der

---

[1]) E. Rost und Fr. Franz, Vergleichende Untersuchung der pharmakologischen Wirkungen der organisch gebundenen schwefligen Säuren und des neutralen schwefligsauren Natriums. Diese Arbeiten 1904, Bd. 21, S. 312. — Fr. Franz, Beitrag zur Kenntnis der Wirkung des neutralen schwefligsauren Natriums, des aldehyd- und des acetonschwefligsauren Natriums, sowie einiger anderer Salze auf Kaulquappen. Ebenda S. 304.

[2]) G. Sonntag, Beiträge zur Kenntnis der Ausscheidung von neutralem schwefligsaurem Natrium und aldehydschwefligsaurem Natrium beim Hunde. (Nach gemeinschaftlich mit Dr. Paul Hoffmann angestellten Versuchen.) Diese Arbeiten 1904, Bd. 21, S. 285

eingeführten Sulfitverbindungen fand sich bei beiden Tieren als Sulfat im Harn wieder; dagegen wurde nur ein sehr kleiner Teil als unverändertes Sulfit ausgeschieden, wie aus dem Überschuß an flüchtigen Schwefelverbindungen, der sich beim Destillieren des Harns in den Versuchsperioden gegenüber den Normalperioden ergab, geschlossen wurde.

In dem zweiten Abschnitt der vorliegenden Arbeit, der die Versuche zur quantitativen Bestimmung des Ablaufes der Sulfitausscheidung beschreibt, wird der Beweis geführt, daß unter bestimmten Verhältnissen schweflige Säure tatsächlich in den Harn übergeht.

Von Untersuchungen über die Ausscheidung der Verbindungen der schwefligen Säure beim Menschen liegen bisher Angaben in der Literatur nur von Höppener[1]) und von Rabuteau[2]) vor, deren Versuche für vorliegende Frage aber nur in beschränktem Umfange verwertbar sind. So ist in Höppeners sonst nicht unwichtigen Selbstversuchen einerseits nicht eine gleichmäßige Nahrung genossen worden, sodaß auch die Menge des eingeführten Schwefels nicht gleichmäßig sein konnte und anderseits die Menge der schwefligen Säure überhaupt nur aus Differenzrechnungen erschlossen worden, wie in der erwähnten Arbeit von Sonntag ausgeführt wurde. Auch Rabuteaus Versuch kann hier nur insoweit herangezogen werden, als nach der Einnahme von 2 g Natriumsulfit schweflige Säure im Harn qualitativ nicht nachgewiesen werden konnte. Der von ihm aus der quantitativen Bestimmung der im Versuchsharn vorhandenen Sulfate usw. gezogene Schluß, daß die gesamte zugeführte Menge schwefliger Säure als Plus gegenüber den Sulfat-Werten der Vortage im Harn wiedererschien, ist auch nach Richtigstellung eines bei der Bilanzberechnung untergelaufenen Rechenfehlers nicht beweiskräftig.

I. Stoffwechselversuch.

Der an einem von uns (F.) angestellte Versuch zerfiel in 5 Abschnitte von je 2 tägiger Dauer. Schon vor Beginn des Versuches war während zweier Tage die gleiche Nahrung genossen worden. Der Versuch wurde mit einer Vorperiode (I) begonnen; zwischen die beiden Versuchsabschnitte (Periode II und IV) wurde eine Normalperiode (III) eingeschaltet, und eine Schlußperiode (V) schloß als dritte Normalperiode den Versuch ab. Auf diese Weise konnten für die beiden zu untersuchenden Stoffe die erhaltenen Normalwerte je aus einer Vor- und einer Nachperiode entnommen und zum Vergleich den Werten nach Einnahme der Sulfite gegenübergestellt werden. Die 5 Abschnitte des Gesamtversuches länger als auf je zwei Tage auszudehnen, ließ sich nicht durchführen. Während des ganzen Versuches wurde die Nahrung mit Appetit ohne jeden Widerwillen genossen, ausgenommen während der später zu er-

---

[1]) Über die Zersetzung einiger Schwefel- und Chlorverbindungen im Organismus. Diss. Dorpat. 1863.

[2]) Recherches sur les métamorphoses et le mode d'élimination que présentent le sulfite et l'hyposulfite de sodium introduits dans l'organisme. Gazette médicale de Paris. 1869. Bd. 24. S. 173. Vergl. hierüber und über L. Pfeiffers Hundeversuch die bei Rost und Franz (Diese Arbeiten 1904, Bd. 21) auf S. 369—371 abgedruckten ausführlichen Versuchsprotokolle dieser an wenig zugänglichen Stellen veröffentlichten Versuche.

wähnenden durch Sulfit hervorgerufenen Erkrankung. Nahrung und Lebensweise wurden so gleichmäßig wie möglich gestaltet, die Mahlzeiten stets zu denselben Tagesstunden eingenommen und wie folgt verteilt:

Erstes Frühstück 9^h morgens: 300 ccm Kaffeeaufguß (10 g gemahlener Kaffee auf 500 ccm Wasser) mit 25 g kondensiertem Rahm und 10 g Zucker, 2 Weißbrötchen mit ungesalzener Butter.

Zweites Frühstück 10^h 30': etwa 200 ccm Kaffeeaufguß (der Rest vom Morgenkaffee), Graubrot mit Butter, 25 g Mettwurst.

Mittagessen 2^h: 300 ccm Fleischbrühe, hergestellt durch Kochen von 125 g Rindfleisch und 100 g Knochen in Wasser unter Zusatz von Salz, etwas Pfeffer, 10 g Petersilie, 10 g Mohrrüben, 5 g Sellerie und 2,5 Porree. — 125 g Rinderfilet, mit Butter unter Zusatz von etwas Salz, 0,25 g Pfeffer und 5 g feingeschnittenen Zwiebeln gebraten. — 100 g[1]) mit etwas Salz in Wasser gekochte Kartoffeln (geschält gewogen). — 100 g[2]) Kompott. — 1 Weißbrötchen.

Nachmittagskaffee 4^h 500 ccm Kaffeeaufguß (wie der Morgenkaffee bereitet), 1 Weißbrötchen mit Butter.

Abendessen 7^h 45': 400 ccm Teeaufguß (von 6 g Teeblättern) mit 20 g Zucker, Graubrot mit Butter, 60 g Cervelatwurst, 50 g Tilsiter Käse. — Etwa eine Stunde später: 375 ccm Weihenstephan-Bier, 50 g Kakes.

Die Gesamtmenge von Graubrot, Weißbrot, Butter und Salz, die tagsüber genossen wurde, betrug: 170 g Graubrot, 125 g Weißbrot (etwa 4 Brötchen), 125 g ungesalzene Butter, 6 g Kochsalz.

Sämtliche Speisen wurden, soweit sie vor dem Genuß noch einer Zubereitung bedurften, von der Versuchsperson selbst zubereitet. Zur Herstellung der Fleischbrühe wurden Fleisch und Knochen nebst den Zutaten mit kaltem Wasser angesetzt und $^3/_4$ Stunden lang gekocht. Das Bratenfleisch war bestes fett- und sehnenfreies Rinderfilet. Das Kompott bestand aus eingemachten gemischten Früchten, von denen 2 Büchsen zur Verwendung kamen.

Durch Beschaffung großer, teilweise für die Dauer des Versuches ausreichender Mengen der Nahrungsmittel wurde auf leichte Weise ein möglichst gleichmäßiger Gehalt der Tagesnahrung an Schwefel erzielt; die Verschiedenheit der Schwefelmenge in der eingeführten Nahrung rührt von dem wechselnden Schwefelgehalt des Fleisches her, das während der Versuchszeit dreimal für je 4 Tage beschafft werden mußte und in je 4 gebrauchsfertigen Portionen ebenso wie die Tagesmengen Butter, im Eisschranke aufbewahrt wurde. Graubrot und Weißbrot wurden täglich, frisch gebacken, bezogen.

Von sämtlichen Nahrungsmitteln wurde in Durchschnittsproben der Gehalt an Gesamtschwefel ermittelt. Für die Bestimmung des mit dem Brote aufgenommenen Schwefels wurden während der Dauer des Versuches von jeder Probe des Graubrotes und des Weißbrotes je 25 g zurückgestellt und getrocknet, aus dem Gemisch dieser zurückgestellten Proben der Durchschnittsgehalt an Schwefel für Graubrot und Weißbrot ermittelt und darnach die täglich mit ihnen eingeführte Menge Schwefel berechnet. Um die betreffenden Werte für die mit der Fleischbrühe, dem Kaffee und dem Teeaufguß täglich aufgenommene Schwefelmenge zu erhalten, wurden je 2 in der geschilderten Weise bereitete Portionen analysiert und die so erhaltenen Mittelwerte für jeden Tag eingesetzt. Vom frisch gelieferten Fleisch wurde in jeder der drei viertägigen Portionen der Schwefelgehalt bestimmt.

[1]) Am 1. Tage 150 g Kartoffeln.

[2]) Am 2. Tage 125 g Kompott.

Eine Übersicht über die täglich genossenen Mengen der einzelnen Nahrungsmittel sowie über die in ihnen vorhandenen und an den einzelnen Versuchstagen mit der Nahrung aufgenommenen Mengen Schwefel gibt die Tabelle 1. Für die Ausführung der mehr als 30 Schwefelanalysen in den Nahrungsmitteln sind wir dem ständigen Mitarbeiter im Gesundheitsamte Herrn Weitzel zu Dank verpflichtet.

Tabelle 1. Zusammenstellung der während des Stoffwechselversuchs mit neutralem schwefligsauren Natrium und acetaldehydschwefligsaurem Natrium täglich genossenen Nahrungsmittel und der mit ihnen eingeführten Mengen Schwefel.

Art der Nahrungsmittel	Trockengehalt der Nahrungsmittel %	Schwefel (S)-Gehalt der frischen Nahrungsmittel %	Schwefel (S)-Gehalt in der Trockensubstanz %	Menge der täglich eingeführten Nahrungsmittel g	Die an den einzelnen Versuchstagen mit den Nahrungsmitteln eingeführten Mengen Schwefel (S): 1. Tag mg S	2.—4. Tag mg S	5.—8. Tag mg S	9.—12. Tag mg S
Fleisch (Rinderfilet)[1] 1.—4. Tag	23,90	0,222	0,903	125	277,5	277,5	—	—
Fleisch (Rinderfilet)[1] 5.—8. „	24,55	0,192	0,782	125	—	—	240,0	—
Fleisch (Rinderfilet)[1] 9.—12. „	24,84	0,218	0,878	125	—	—	—	272,5
Graubrot . . .	69,12	0,0746	0,108	170	126,8	126,8	126,8	126,8
Weißbrot . . .	73,75	0,119	0,161	125	148,8	148,8	148,8	148,8
Mettwurst . . .	—	0,126	—	25	31,5	31,5	31,5	31,5
Cervelatwurst . .	—	0,226	—	60	135,6	135,6	135,6	135,6
Kartoffeln . . .	24,20	0,0356	0,147	100 [2]	53,4	35,6	35,6	35,6
Butter (ungesalzen)	—	0,0122	—	125	15,3	15,3	15,3	15,3
Käse	—	0,210	—	50	105,0	105,0	105,0	105,0
Rahm	—	0,026	—	50	13,0	13,0	13,0	13,0
Kakes	—	0,124	—	50	62,0	62,0	62,0	62,0
Kompott	—	0,0096	—	100 [3]	12,0	9,6	9,6	9,6
Pfeffer	—	0,114	—	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3
Zwiebeln	16,52	0,0857	0,519	5	4,3	4,3	4,3	4,3
Bier	—	0,0084	—	375 ccm	31,5	31,5	31,5	31,5
Fleischbrühe . .	—	—	—	300 ccm	25,7	25,7	25,7	25,7
Kaffeeaufguß . .	—	—	—	500 ccm	10,6	10,6	10,6	10,6
Teeaufguß . . .	—	—	—	400 ccm	9,2	9,2	9,2	9,2
Schwefelgehalt der Tagesnahrung					1 062,5	1 042,3	1 004,8	1 037,3

Die in den Versuchsabschnitten II und IV pro Tag aufgenommenen Mengen des neutralen schwefligsauren Natriums und des acetaldehydschwefligsauren Natriums waren so bemessen, daß mit ihnen die gleiche Menge schweflige Säure (1,3 g SO_2)

[1]) Nachstehende Zusammenstellung gibt einen Vergleich des Gehaltes an Gesamtschwefel in dem von uns verwendeten Rindfleisch und dem in den erwähnten Versuchen von G. Sonntag und P. Hoffmann an Hunden verfütterten Pferdefleisch.

	Rindfleisch	Pferdefleisch
Gehalt an Gesamtschwefel	Probe a: 0,222 %	Probe a: 0,205 %
	„ b: 0,192 „	„ b: 0,264 „
	„ c: 0,218 „	„ c: 0,208 „

[2]) Am 1. Versuchstag 150 g.

[3]) Am 1. Versuchstag 125 g.

eingeführt wurde. Da der Gehalt des verwendeten neutralen schwefligsauren Natriums an Sulfatschwefel (1,46 %) infolge eingetretener Oxydation höher war als der des acetaldehydschwefligsauren Natriums (0,23 %), so waren die an SO_2-Gehalt gleichen Gaben der beiden Präparate verschieden in ihrem Gesamtschwefelgehalt. Der angegebenen Menge von 1,3 g SO_2 entspricht vom neutralen schwefligsauren Natrium[1]) 5,801 g und vom acetaldehydschwefligsauren Natrium[2]) 3,155 g.

Der Versuchstag begann morgens um 9 Uhr, nachdem die täglich einmalige Darmentleerung erfolgt, darauf Harn gelassen und das Körpergewicht festgestellt war, mit dem ersten Frühstück. Der Harn wurde entleert um 10 Uhr, um 2 Uhr und von da ab zu unregelmäßigen Zeiten bis zum anderen Morgen um 9 Uhr, so daß also beim Vereinigen der ersten beiden Harnportionen täglich eine 5- und eine 19-stündige Harnmenge zur Untersuchung kam. Während der beiden Sulfitperioden (II und IV) wurde der Harn, um einer Oxydation der etwa in den Harn übergegangenen schwefligen Säure durch Luftsauerstoff vorzubeugen, in ein mit Kohlensäure gefülltes Gefäß entleert und darin mit Kohlensäure überschichtet; ferner waren alle Vorbereitungen so getroffen worden, daß unmittelbar nach Entleerung des 2. Harnes die vereinigten beiden Harnmengen destilliert werden konnten.

Der Kot wurde in den ersten 6 Tagen mit getrockneten Heidelbeeren, vom 7. Tage ab mit Lindenkohle, die in einer Oblate verschluckt wurde, abgegrenzt.

Das acetaldehydschwefligsaure Natrium wurde im Versuchsabschnitte II mit Weißbrot umhüllt um 9 Uhr zugleich mit dem Kaffee genommen. Da der unangenehme Geschmack des Präparates in dieser Form sich nicht genügend verdecken ließ, konnte es nur mit Widerstreben genossen werden, so daß es an beiden Tagen fast 10 Minuten dauerte, bis die gesamte Menge verzehrt war. Auch nach dem Frühstück war der Geschmack nach schwefliger Säure, wenn auch allmählich schwächer werdend, noch fast zwei Stunden lang zu spüren. Weitere Wirkungen wurden nicht beobachtet. — Das Natriumsulfit wurde im Versuchsabschnitt IV nach den vorausgegangenen Erfahrungen in Oblaten eingeschlossen verschluckt. Bei dieser Art des Einnehmens war der Geschmack nach schwefliger Säure an beiden Tagen nur kurze Zeit zu verspüren.

---

[1]) Von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogen.

[2]) Das vom Chemischen Laboratorium des Gesundheitsamtes dargestellte acetaldehydschwefligsaure Natrium war aus Methylalkohol umkristallisiert worden ($CH_3\,CH\langle{}^{OH}_{SO_3\,Na} + \frac{1}{4}\,H_2O$. Mol.-Gew. 152,5, während das zu den erwähnten Versuchen am Hund benutzte Präparat $\frac{1}{2}$ H_2O enthielt).

Schwefelgehalt der zum Versuch verwendeten Präparate in Prozenten.

Präparate	Gesamt-Schwefel	Schweflige Säure (durch Destillation bestimmt)	Als schweflige Säure vorhandener Schwefel	Als Sulfat vorhandener Schwefel
Neutrales schwefligsaures Natrium	12,67	22,41	11,21	1,46
Acetaldehydschwefligsaures Natrium	20,84	41,21	20,61	0,23

Im Gegensatz zum Abschnitt II des Versuches stellten sich aber nach dem Einnehmen des neutralen schwefligsauren Natriums im Abschnitt IV schwere, von einer Wirkung auf die Verdauungsorgane herrührende und das Allgemeinbefinden störende Schädigungen ein. Am Nachmittage des ersten Sulfittages machte sich nur ein mäßiges Drängen im Leibe geltend, das bald wieder verschwand und an sich vielleicht nicht als Wirkung des zugeführten Sulfits betrachtet werden könnte, wenn nicht am zweiten Sulfittage nach der gleichen Menge dieselbe Erscheinung im verstärkten Maße aufgetreten wäre und zu fast bedrohlicher Vergiftung geführt hätte. Gleich nach dem Mittagessen stellten sich Leibschmerzen ein verbunden mit Drang zur Darmentleerung, dem anfänglich, im Interesse des Versuches, widerstanden wurde, bis ihm um 3 Uhr Folge gegeben werden mußte. Bald darauf ließen die Leibschmerzen nach. Der Appetit beim Abendessen war mäßig. Nach dem Abendessen begannen die Leibschmerzen von neuem und dauerten unter allgemeinem körperlichen Unbehagen bis in den Schlaf hinein an, der sich erst nach 12 Uhr einstellte. Beim Erwachen gegen $2^1/_2$ Uhr waren dumpfe Schmerzen im Kopfe und starkes Schwindelgefühl vorhanden; gleichzeitig traten starker Sehweißausbruch und heftige kolikartige Schmerzen im Unterleib auf. Wiederholt sich einstellender Stuhldrang und Brechreiz konnten nur mit Mühe unterdrückt werden. Gegen 7 Uhr morgens ließen diese Erscheinungen etwas nach. Der Kot mußte bereits um 7 Uhr 45 Min. entleert werden; er war schwarzbräunlich gefärbt und von dünnbreiiger Konsistenz. Den geschilderten Erkrankungserscheinungen entsprechend war das Aussehen der Versuchsperson wie das eines Schwerkranken. Die Gesichtsfarbe war fahl, das Weiße des Auges leicht ikterisch verfärbt. Die Lippenschleimhaut war trocken und rissig, die Zunge zeigt dicken weißlichen Belag. Im Laufe des Tages (1. Tag der Nachperiode) nahmen die Beschwerden allmählich weiter ab, jedoch war noch am Abend große Mattigkeit, Kopf- und Leibschmerz vorhanden. Die folgende Nacht verlief gut, sodaß eine gewisse Erholung von den überstandenen Störungen eintrat; doch machte noch am 2. Tage der Nachversuchsperiode die Versuchsperson einen leidenden Eindruck. Als letzte Wirkung blieb am 2. Tag der Nachversuchsperiode (V) die sonst täglich zur selben Zeit erfolgende Darmentleerung aus. In den nächsten Tagen nach Beendigung des Versuches trat allmählich völlige Erholung ein.

Die Untersuchung des Harnes erstreckte sich wie bei den früheren Versuchen am Hunde auf die Bestimmung der schwefligen Säure, der Äther-Schwefelsäuren, der Gesamt-Schwefelsäure und des Gesamt-Schwefels. Sämtliche Analysen der Teilmengen beider Tagesharnportionen wurden in Doppelbestimmungen ausgeführt. Zur Bestimmung der schwefligen Säure wurden von den an jedem Tage gewonnenen beiden Harnmengen aliquote Teile (je zweimal $^2/_{10}$) abgewogen und der Destillation unterworfen. Der Rest beider Portionen wurde für die übrigen Analysen vereinigt und die Mischung dann in der Weise geteilt, daß — berechnet auf die Gesamtmenge des Tagesharnes —

$2 \times {}^2/_{10}$ für die Ermittelung der Äther-Schwefelsäuren (= $^4/_{10}$ der Gesamtmenge),
$2 \times {}^1/_{40}$ „ „ „ „ Gesamt-Schwefelsäure (= $^1/_{20}$) } = $^1/_{10}$ der Gesamtmenge)
$2 \times {}^1/_{40}$ „ „ „ des Gesamt-Schwefels (= $^1/_{20}$) }

genommen wurden. Es wurden demnach im ganzen $^{9}/_{10}$ der Gesamtmenge des Tagesharns für die Analysen verbraucht. Das letzte Zehntel wurde für etwa notwendig werdende Wiederholungen einer Analyse zurückgestellt. Die Teilmengen wurden durch Wägung bestimmt, weil auf diese Weise die Harnmenge schneller und leichter abgeteilt werden konnte als durch Volummessung, wobei Verdünnung auf ein bestimmtes Volum, also Auffüllen und Mischen mit Wasser, und Umfüllen nicht zu umgehen ist und somit Gelegenheit zur Berührung mit der Luft gegeben wird.

Die angewandten analytischen Methoden.

A. Bestimmung der schwefligen Säure.

Die Bestimmung der schwefligen Säure wurde nach dem bekannten Verfahren der Destillation des mit Phosphorsäure angesäuerten Harns im Kohlensäurestrom ausgeführt.

Die quantitative Bestimmung der schwefligen Säure in wässeriger Lösung.

Um eine Anschauung davon zu geben, mit welcher Genauigkeit die Bestimmung der schwefligcn Säure nach dem Destillationsverfahren sich ermöglichen läßt, soll zunächst eine Reihe von Versuchen aufgeführt werden, die angestellt worden sind, um die Genauigkeit der Methode im Vergleich zu dem Verfahren der maßanalytischen Bestimmung wässeriger Natriumsulfitlösungen mittels titrierter Jodlösung zu prüfen und, wenn möglich, zu einer Verbesserung oder Vereinfachung der Methode zu gelangen.

Die zu den Versuchen benutzten Sulfitlösungen wurden durch Auflösen von Natriumsulfit in frisch ausgekochtem Wasser hergestellt und ihr Gehalt unmittelbar vor der Destillation durch Titration mittels etwa $^{1}/_{20}$n-Jodlösung bestimmt. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, den Luftsauerstoff bei der Destillation auszuschließen. Hierzu wurde der Destillierkolben (von 700 ccm Inhalt), der in dem dreifach durchbohrten Stopfen außer dem Destillationsrohr und dem Einführungsrohr für die Kohlensäure noch einen Hahntrichter zum Einfüllen der zu destillierenden Lösung trug, mit etwa 200 ccm Wasser gefüllt und dieses eine halbe Stunde lang bei angeschlossenem Kühler gekocht; darauf wurde bis zum Erkalten Kohlensäure durch den Apparat geleitet, die Vorlagen verbunden und dann erst die soeben titrierte Sufitlösung aus der Pipette, mit der sie abgemessen wurde, in den Hahntrichter und aus diesem sofort in den Kolben gelassen, mit vorher ausgekochtem Wasser nachgespült und die betreffende für die Zersetzung des Sulfits gewählte Säure auf demselben Wege eingegosssen. Die Kohlensäure wurde im Kippschen Apparat aus gewaschenen Marmorstückchen mit verdünnter, vorher ausgekochter Salzsäure entwickelt und in zwei, mit Kupfersulfatlösung versehenen Waschflaschen gewaschen. Bei fortwährendem Durchleiten von Kohlensäure wurde jedesmal eine Stunde lang unter mäßigem Sieden destilliert. In den Versuchen, bei denen statt der Kohlensäure Wasserstoff zur Verwendung kam, wurde dieser mit Wasser und Permanganatlösung gewaschen und zwecks völliger Befreiung von Sauerstoff noch durch alkalische Pyrogallollösung geleitet.

Zur Oxydation der überdestillierenden schwefligen Säure wurde bisher wohl aus-

schließlich eine verdünnte, mit Hilfe von Jodkalium hergestellte Jodlösung benutzt. Die Jodlösung wird nach beendigter Destillation durch längeres Erwärmen vom überschüssigen Jod befreit, worauf die Schwefelsäure durch Baryumchlorid gefällt wird. An Stelle des Jods lassen sich natürlich auch andere Oxydationsmittel verwenden. Als in hervorragendem Maße geeignet erwies sich das Wasserstoffsuperoxyd. Eine wässerige Wasserstoffsuperoxydlösung oxydiert die überdestillierende schweflige Säure sofort zu Schwefelsäure und die erhaltene Flüssigkeit kann ohne weitere Behandlung zur Bestimmung der Schwefelsäure dienen. In den nachstehend beschriebenen Versuchen ist deshalb ausschließlich das Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel angewendet worden und zwar in etwa 3%iger Lösung, die aus dem chemisch reinen 30%igen Wasserstoffsuperoxyd durch Verdünnen mit Wasser bereitet wurde. Die gewöhnlichen käuflichen Wasserstoffsuperoxydlösungen sind meistens schwefelsäurehaltig und daher für den hier vorliegenden Zweck nicht brauchbar.

Als Vorlagen dienten je zwei hintereinander geschaltete Absorptionsgefäße mit Kugelrohransätzen. In die erste Vorlage wurden 10 ccm, in die zweite 5 ccm der Wasserstoffsuperoxydlösung gebracht (theoretisch vermögen 10 ccm 3%iger Wasserstoffsuperoxydlösung 0,566 g SO_2 zu Schwefelsäure zu oxydieren) und nur soviel mit Wasser verdünnt, daß die Zuführungsröhren der Absorptionsgefäße unter den Flüssigkeitsspiegel reichten. Da so von vornherein nur wenig Flüssigkeit in die Vorlagen gebracht wird, erhält man nach der Destillation keine allzu große Menge Destillat. Dies kann daher nach dem Überspülen in ein Becherglas ohne weiteres mit Baryumchloridlösung gefällt werden, wenn die Menge der entstandenen Schwefelsäure nicht so gering ist, daß sie ein Eindampfen der Flüssigkeit auf ein geringeres Volumen erfordert. Die schweflige Säure wird vollständig in den Vorlagen zurückgehalten, wie mehrfach festgestellt worden ist; mit dem aus dem zweiten Gefäß entweichenden Gas konnte niemals eine Reaktion auf schweflige Säure erhalten werden.

Die Verwendung des reinen Wasserstoffsuperoxyds als Oxydationsmittel verschafft aber auch noch die Möglichkeit zu einer wesentlichen Vereinfachung des Bestimmungsverfahrens. Da nämlich die schweflige Säure in einer rein wässerigen Lösung von Wasserstoffsuperoxyd oxydiert wird, so enthält das Destillat außer Kohlensäure (wenn diese verwendet wurde) und überschüssigem Wasserstoffsuperoxyd nur freie Schwefelsäure. Man braucht also nur die absorbierte Kohlensäure durch Erwärmen zu verjagen und kann dann die Schwefelsäure mittels Lauge titrieren; bei Anwendung von Wasserstoff kann auch das Erwärmen entfallen und das Destillat unmittelbar in den Vorlagen titriert werden. Die Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd, das auch beim Erwärmen nur langsam entweicht bezw. sich zersetzt, ist hierbei nicht störend, da die Acidität des reinen Wasserstoffsuperoxyds eine äußerst geringe ist.

Dieses abgekürzte Verfahren wird bei der Bestimmung der schwefligen Säure in wässerigen Lösungen angewendet werden können und insbesondere von Nutzen sein, wenn es sich darum handelt, den Gehalt der zu untersuchenden Lösung schnell festzustellen, wobei dann noch die Möglichkeit einer nachträglichen gewichtsanalytischen Bestimmung erhalten bleibt; denn wenn man die Vorsicht gebraucht, zum Titrieren eine völlig

schwefelsäurefreie Lauge zu benutzen, so kann in der titrierten, wieder angesäuerten Flüssigkeit nochmals die Schwefelsäure durch Fällung mit Baryumchlorid bestimmt werden. — Nicht brauchbar ist das Verfahren natürlich, wenn bei der Destillation noch andere flüchtige Säuren oder organische Stoffe entstehen, welche mit überdestillieren und die Acidität des Destillats ändern; auch im Harn ist die Bestimmung von schwefliger Säure auf diese Weise nicht auszuführen.

In den folgenden Tabellen, welche die Ergebnisse von Versuchen mit rein wässerigen Lösungen von Natriumsulfit enthalten, sind die durch Titration der Destillate mittels schwefelsäurefreier Natronlauge ermittelten Werte neben den durch gewichtsanalytische Bestimmung der Schwefelsäure in den Destillaten nach der Titration gefundenen Zahlen aufgeführt. Da unter Umständen die Anwendung einer anderen Säure als der Phosphorsäure von Wert sein kann, z. B. einer durch Eindampfen und Veraschen des Destillationsrückstandes zerstörbaren Säure, wenn der Rückstand weiter analysiert werden soll, so wurden in einigen Versuchen auch Essigsäure und Weinsäure auf ihre Verwendbarkeit geprüft.

Bestimmung der schwefligen Säure in wässerigen Natriumsulfitlösungen.

Nr.	Titration der ursprüngl. Lösung mit Jod ergab g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: gewichtsanalytisch ermittelt g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: titrimetrisch ermittelt g SO_2	Nr.	Titration der ursprüngl. Lösung mit Jod ergab g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: gewichtsanalytisch ermittelt g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: titrimetrisch ermittelt g SO_2
	A. Destillation im Kohlensäurestrom				B. Destillation im Wasserstoffstrom		
1	0,1981	0,1988 (1–3: mit 10 ccm Essigsäure angesäuert)		1	0,0494	0,0495	0,0498
2	0,1981	0,1984		2	0,0494	0,0496	0,0494
3	0,1990	0,1974		3	0,0492	0,0490	0,0491
4	0,1985	0,1961 (4–7: mit 1 g Weinsäure angesäuert)		4	0,0492	0,0484	0,0489
5	0,2002	0,2009		5	0,0498	0,0484	0,0487
6	0,2002	0,2011		6	0,0498	0,0484	0,0494
7	0,1506	0,1500	0,1488	7	0,0498	0,0490	0,0496
8	0,1506	0,1502	0,1488	8	0,0498	0,0491	0,0496
9	0,2006	0,1987	—	9	0,0246	0,0245	0,0248
10	0,1478	—	0,1475	10	0,0246	0,0232	0,0235
11	0,1502	0,1512	0,1500	11	0,0248	0,0244	0,0240
12	0,1510	0,1507	0,1456	12	0,0248	0,0240	0,0243
13	0,1013	0,1010	0,0977	13	0,0245	0,0243	0,0245
14	0,1013	0,1016	0,0980	14	0,0245	0,0238	0,0242
15	0,0068	0,0074	0,0071	15	0,0122	0,0110	0,0113
16	0,0068	0,0065	0,0061	16	0,0122	0,0114	0,0117
17	0,0045	0,0050	0,0050	17	0,0120	0,0104	0,0108
18	0,0045	0,0041	0,0040	18	0,0120	0,0100	0,0105
19	0,0021	—	0,0028	19	0,0120	0,0107	0,0105
20	0,0021	0,0018	0,0017	20	0,0120	0,0105	0,0105
21	0,0022	0,0019	0,0020	21	0,0119	0,0116	0,0107
22	0,0022	0,0010	0,0011	22	0,0119	0,0104	0,0103
23	0,0022	0,0023	0,0024	23	0,0068	0,0061	0,0061
24	0,0022	0,0017	0,0018	24	0,0068	0,0056	0,0058
25	0,0022	0,0025	0,0021	25	0,0021	0,0030	—
				26	0,0021	0,0019	0,0020

Aus den erhaltenen Werten ist zu ersehen, daß die Bestimmung der schwefligen Säure in rein wässeriger Natriumsulfitlösung mittels des Destillationsverfahrens Zahlen ergibt, die mit den durch einfache Titration mittels Jodlösung gewonnenen gut übereinstimmen. Der Unterschied betrug in den meisten Fällen weniger als 1 mg.

Die Anwendung von Wasserstoff zur Verdrängung der Luft ergab für die gewichtsanalytische Bestimmung keine wesentlich besseren Resultate als die Destillation im Kohlensäurestrom.

Reines Wasserstoffsuperoxyd verdient als Oxydationsmittel den Vorzug vor der Jodlösung und bietet den Vorteil, daß man die schweflige Säure durch einfache alkalimetrische Bestimmung der in der Vorlage gebildeten Schwefelsäure bestimmen kann, wenn andere flüchtige Säuren oder organische Stoffe nicht zugegen waren.

An Stelle der Phosphorsäure können, wenn es vorteilhaft erscheint, zum Ansäuern der Sulfitlösungen vor der Destillation auch andere Säuren, wie Essigsäure oder Weinsäure benutzt werden.

Die quantitative Bestimmung der schwefligen Säure im menschlichen Harn.

Die im Nachstehenden beschriebenen, mit normalem menschlichen Harn angestellten Destillationsversuche sowie sämtliche Destillationen der Harne in den weiterhin beschriebenen Ausscheidungsversuchen wurden in der den Versuchen über die Bestimmung der schwefligen Säure in wässeriger Lösung entsprechenden Weise und gleicher Anordnung ausgeführt. Vor jeder Destillation war in dem geschlossenen, mit dem Kühler verbundenen Destillierkolben zunächst Wasser nebst 20 ccm Phosphorsäure (25 %) und etwa 3 g grob gepulverten Bimsteins (zur Erzielung eines gleichmäßigen, stoßfreien Siedens der Harnmischungen) eine halbe Stunde lang gekocht, dann bis zum Erkalten Kohlensäure (Wasserstoff) eingeleitet worden. Darauf wurde unter Vermeidung des Luftzutritts erst der Harn, dann die zur Auffüllung auf 400 ccm nötige Menge vorher längere Zeit ausgekochten Wassers durch das Trichterrohr zufließen gelassen, das Gemisch schnell zum Sieden gebracht und unter fortwährendem Einleiten von Kohlensäure destilliert. Als Oxydationsmittel in den Vorlagen wurde ebenfalls Wasserstoffsuperoxyd benutzt: die erste Vorlage enthielt 10 ccm, die zweite 5 ccm der aus reinem 30 %igen Wasserstoffsuperoxyd hergestellten 3 %igen Lösung.

Die beim Destillieren von normalem menschlichen Harn auftretenden flüchtigen Schwefelverbindungen. — Wie bereits in der Arbeit über die Ausscheidung der Sulfitverbindungen beim Hunde [1]) hervorgehoben ist, werden auch aus normalem menschlichen Harn beim Destillationsverfahren kleine Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen erhalten, die bei der Oxydation Schwefelsäure liefern und daher die genaue Ermittelung der nach Einnahme von Sulfit in den Harn gelangten schwefligen Säure erschweren. Sämtliche in dieser

[1]) a. a. O.

Richtung untersuchten menschlichen Harne zeigten dies Verhalten (vergl. S. 236 u. ff.). Auch in den hier behandelten Ausscheidungsversuchen wurden während der Normalperioden beim Destillieren des Harnes flüchtige Schwefelverbindungen übergetrieben (S. 239).

Die Frage, um welche Schwefelverbindungen es sich bei den überdestillierenden kleinen Mengen handelt, ist im einzelnen nicht weiter verfolgt worden. Nach Untersuchungen mehrerer Forscher, J. Munk [1]), R. Gscheidlen [2]), Friedr. Müller [3]), soll Schwefelwasserstoff im normalen menschlichen Harn im freien Zustande enthalten sein oder beim Erhitzen mit Säuren durch Zersetzung aus Sulfocyanaten entstehen. Bei den von uns untersuchten frischen menschlichen Harnen konnte eine Reaktion mittels Bleipapier nicht erhalten werden.

Schweflige Säure, mit der beim Destillieren von angesäuertem Hundeharn wegen des in diesem meistens vorhandenen Thiosulfats gerechnet werden muß, ist im Destillat von normalem Menschenharn nicht zu erwarten. Bisher wurde das Vorkommen von Thiosulfat im menschlichen Harn nur in einem Krankheitsfall von Strümpell[4]) beobachtet. Heffter [5]) hat zwar aus Differenzbestimmungen bei analytischen Untersuchungen von normalem Menschenharn auf die Gegenwart von Thiosulfat geschlossen; schon von Salkowski [6]) sind jedoch die Befunde Heffters als nicht beweiskräftig hingestellt. Salkowski wandte ein direktes Verfahren des Nachweises von Thiosulfat an, indem er den Harn mit Salzsäure destillierte und beobachtete, ob sich ein Schwefelbelag im Kühlrohr bildete. Er hat hunderte von menschlichen Harnen mit Salzsäure destilliert, aber niemals einen Anflug von Schwefel im Kühlrohr erhalten und hält es demnach für nicht erwiesen, daß im menschlichen Harn überhaupt je unterschwefligsaures Salz vorkommt. Die Versuche von Salkowski sind dann von Presch [7]) wiederholt worden. Dieser prüfte die Empfindlichkeit der Reaktion nach und fand, daß es noch bei einem Gehalt von 0,005 g Natriumthiosulfat ($Na_2S_2O_3$, $5H_2O$) in 100 ccm Harn gelang, einen Schwefelanflug zu erhalten, wenn das Thiosulfat vorher durch Bleiessig gefällt wurde, und daß auch bei der Zersetzung geringer Mengen von Metallsulfiden sich ein Schwefelbeschlag bildete. Die von Presch mit normalem Menschenharn angestellten Versuche hatten sämtlich ein negatives Ergebnis.

Auch von uns wurde beim Destillieren von menschlichem Harn in keinem Falle ein Schwefelanflug im Kühlrohr bemerkt, während ein solcher bei der Destillation von Hundeharn in den früheren Versuchen aufgetreten war, und es konnte bei den zahlreichen qualitativen Prüfungen auf schweflige Säure nach der sehr empfindlichen Methode mit Kaliumjodatstärkelösung (S. 244) im normalen menschlichen Harn niemals eine Reaktion erhalten werden. Des weiteren ergibt sich, daß die aus normalem

---

[1]) Virchows Archiv 1877, Bd. **69**, S. 354.
[2]) Pflügers Archiv 1877, Bd. **14**, S. 401; Bd. **15**, S. 350.
[3]) Berl. klin. Wochenschr. 1887, Bd. **24**, S. 405 und 436.
[4]) Arch. der Heilkunde 1876, Bd. **17**, S. 390.
[5]) Pflügers Archiv 1886, Bd. **38**, S. 476.
[6]) Pflügers Archiv 1886, Bd. **39**, S. 221.
[7]) Virchows Archiv 1890, Bd. **119**, S. 148.

menschlichen Harn überdestillierenden schwefelhaltigen Stoffe nicht oder doch nur zum geringsten Teile aus solchen flüchtigen Verbindungen bestehen können, die im Harn fertig gebildet enthalten sind bezw. beim Ansäuern entstehen, sondern daß sie sich aus den nichtflüchtigen Schwefelverbindungen erst durch Zersetzung bilden. Denn die im Harn enthaltenen oder durch Ansäuern frei gemachten flüchtigen Schwefelverbindungen (H_2S, SO_2) würden während einer einstündigen Destillation quantitativ übergetrieben werden. Es zeigte sich aber, daß selbst nach mehrfacher Destillation desselben Harnes immer wieder neue Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen überdestillierten. Die nachstehenden Versuche beweisen die fortdauernde Entstehung von flüchtigen Schwefelverbindungen beim Destillieren von menschlichem Harn.

Die Destillation der Harnproben wurde immer nach je einer Stunde unterbrochen, die verdampfte Flüssigkeitsmenge durch Wasser ergänzt und die Vorlage gewechselt. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Harnmenge	Menge der durch Destillation erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)	
300 ccm Harn von von einer Person	im Destillat der 1. Stunde — mg*)	*) Destillat durch Überschäumen verunreinigt
	„ „ „ 2. „ 1,8 „	
300 ccm Mischharn von mehreren Personen	im Destillat der 1. Stunde 4,4 mg	Zwischen der 4. und 5. Destillation hat der Kolben über Nacht unter Kohlensäureverschluß gestanden
	„ „ „ 2. „ 3,7 „	
	„ „ „ 3. „ 4,6 „	
	„ „ „ 4. „ 4,6 „	
	„ „ „ 5 „ 10,7 „	
300 ccm desgl.	im Destillat der 1. Stunde 3,4 mg	
	„ „ „ 2. „ 2,2 „	
	„ „ „ 3. „ 1,2 „	
	„ „ „ 4. „ 1,2 „	
	„ „ „ 5. „ 4,2 „	

Hiernach geht also während des Destillierens eine fortdauernde Zersetzung von nichtflüchtigen Schwefelverbindungen im Harn unter Entbindung von flüchtigen, schwefelhaltigen Substanzen vor sich.

Destillation unter vermindertem Druck[1].) — Es lag nahe, zu prüfen, ob diese Wirkung vorzugsweise dem Einfluß der Wärme zuzuschreiben ist und ob bei Anwendung einer niedrigen Temperatur die Bildung von flüchtigen Schwefelverbindungen verhindert werden kann. Zu diesem Zwecke wurde der Apparat zum Destillieren im luftverdünnten Raum eingerichtet. Die Kohlensäure wurde durch ein zur Kapillare ausgezogenes Rohr, welches zugleich das Thermometer enthielt, eingeleitet. Bei einem Druck von etwa 20 mm Quecksilber wurde dann destilliert, die Flüssigkeit siedete bei 33 bis 34°. — Die Ergebnisse sind aus den folgenden Versuchen zu ersehen.

[1]) Vergl. Jacobj und Walbaum, Zur Bestimmung der Grenze der Gesundheitsschädlichkeit der schwefligen Säure in Nahrungsmitteln. Arch. experim. Path. u. Pharm. 1906, Bd. 54, S. 432.

Harnmenge	Menge der durch Destillation erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)	
300 ccm Mischharn von mehreren Personen	im Destillat der 1. Stunde 4,1 mg „ „ „ 2. „ — „ *)	*) Destillat durch Überschäumen verunreinigt
300 ccm desgl.	im Destillat der 1. Stunde 6,8 mg „ „ „ 2. „ 3,0 „	
300 ccm desgl.	im Destillat der 1. Stunde 1,4 mg „ „ „ 2. „ 3,5 „ „ „ „ 3. „ 5,4 „ „ „ „ 4. „ 1,7 „ „ „ „ 5. „ 2,3 „ „ „ „ 6. „ 2,2 „ „ „ „ 7. „ 2,2 „ „ „ „ 8. „ 3,2 „ „ „ „ 9. „ 5,9 „	Nach der 4. Destillation blieb der Apparat mit Kohlensäure gefüllt bis zum nächsten Tage stehen, dann wurden die Destillationen 5—9 vorgenommen.

Eine viele Stunden lang fortdauernde Bildung von flüchtigen Schwefelverbindungen findet also auch bei der in den vorstehenden Versuchen angewendeten niedrigen Temperatur unter vermindertem Druck statt.

Destillation im Wasserstoffstrom. — Die Anwendung von Wasserstoff an Stelle der Kohlensäure zeigte keine Vorzüge, wie die folgenden Versuche ergaben.

Harn	Menge der durch 1 stündiges Destillieren erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)
je 300 ccm Mischharn ohne Säurezusatz	a) 3,8 mg b) 4,8 „
je 300 ccm Mischharn mit 20 ccm Phosphorsäure	a) 2,0 mg b) 2,1 „
je 300 ccm desgl.	a) 2,6 mg b) 2,4 „
300 ccm Mischharn mit 1 g Weinsäure	2,9 mg
300 ccm desgl.	4,2 mg
300 ccm Mischharn mit 10 ccm Essigsäure	3,1 mg

Destillation bei Gegenwart von Kupfer oder Kadmiumsalz. — Es schließen sich nun noch einige Versuche an, welche dahin zielten, die im Harn enthaltenen bezw. die während der Destillation entstehenden flüchtigen Schwefelverbindungen mit Metallsalzen zu binden und dadurch in nichtflüchtige Verbindungen überzuführen.

Harn	Menge der durch 1-stündiges Destillieren erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)
je 300 ccm Mischharn mit 25 ccm Phosphorsäure	
+ 1 g Kupfersulfat	4,8 mg
+ 1 g Cadmiumtartrat	5,4 „
je 300 ccm Mischharn mit 1 g Weinsäure	
+ 0,5 g Kupfersulfat	2,0 mg
+ 0,5 g Cadmiumtartrat	2,4 „
je 300 ccm Mischharn mit 1 g Weinsäure	
+ 0,5 g Kupferacetat	8,5 mg
+ 0,5 g Cadmiumtartrat	8,5 „
je 300 ccm Mischharn mit 25 ccm Phosphorsäure	
+ 1 g Kupfersulfat	a) 3,7 mg b) 5,2 „

Die Mengen der beim Destillieren von 300 ccm angesäuertem Harn erhaltenen Schwefelverbindungen entsprechen in 28 Versuchen 1,4 bis 8,5 mg Baryumsulfat oder, als Schwefel (S) berechnet, 0,19 bis 1,16 mg und betrugen im Mittel 0,56 mg Schwefel (S). Derselbe Harn ergab in Parallelversuchen bei genau gleicher Behandlung keine wesentlich verschiedenen Mengen; die größeren Differenzen bei verschiedenen Harnen sind wohl auf deren verschiedenartige Zusammensetzung zurückzuführen. Wie mitgeteilt wurde, gehen bei der Destillation längere Zeit hindurch flüchtige Schwefelverbindungen über, die durch fortdauernde Zersetzung nichtflüchtiger schwefelhaltiger Stoffe gebildet werden, aber nicht als solche im Harn enthalten sind. Solche beim Kochen von angesäuertem Harn allmählich sich zersetzende Schwefelverbindungen sind in verhältnismäßig beträchtlicher Menge vorhanden, sodaß die Menge der bei der Destillation gelieferten flüchtigen Schwefelverbindungen wohl mit der Dauer der Destillation wachsen kann, bei gleicher Destillationsdauer aber von der Harnmenge annähernd unabhängig ist, wie dies auch aus folgenden Versuchen zu schließen ist.

Von demselben Mischharn wurden verschiedene Mengen mit Wasser auf gleiche Volume gebracht und wie bei den früheren Versuchen mit Phosphorsäure im Kohlensäurestrom destilliert; dabei wurde im Destillat erhalten:

aus 400 ccm Harn: 5,9 mg Baryumsulfat
„ 200 „ „ 5,2 „ „
„ 100 „ „ 6,9 „ „
„ 50 „ „ 7,0 „ „
„ 25 „ „ 6,0 „ „
„ 15 „ „ 6,2 „ „

Fast gleiche Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen wurden also aus sehr verschiedenen Mengen desselben Harnes gewonnen.

Hierzu seien ferner die Baryumsulfatmengen aufgeführt, die bei den im zweiten Abschnitt dieser Abhandlung beschriebenen Ausscheidungsversuchen im Destillat der „Vorharne“, mit Ausnahme von Versuch VII Harne derselben Person (F), erhalten wurden:

Versuch Nr.	Harnmenge ccm	Baryumsulfat mg
II	150	2,6
V	200	2,8
VI	300	1,1
VII	135	2,0
VIII	300	1,1
IX	240	4,0
X	120	6,2
XI	400	2,2
XII	97	4,2
XIII	148	2,5

Nach dem Ausfall sämtlicher hier aufgeführten Destillationsversuche konnte angenommen werden, daß bei allen normalen menschlichen Harnen eine derartige Abspaltung von flüchtigen Schwefelverbindungen stattfindet. Bestätigt wurde diese Annahme noch durch nachstehende Ergebnisse aus gleichzeitigen Destillationen der Harne von 7 verschiedenen Personen.

Harnmenge ccm	Versuchsperson	Flüchtige Schwefelverbindungen im Destillat (als Baryumsulfat berechnet) mg
250 (Vormittagsharn)	I	5,6
300 (desgl.)	II	6,6
300 (Morgenharn)	III	3,5
300 (Vormittagsharn)	IV	4,0
300 (desgl.)	V	5,2
280 (Morgenharn)	VI (Frau)	5,6
170 (desgl.)	VII (Kind 7 Jahre alt)	4,9

B. Bestimmung der Äther-Schwefelsäuren.

Die gepaarten Schwefelsäuren wurden nach den Angaben von Salkowski[1]) bestimmt.

C. Bestimmung der Gesamt-Schwefelsäure.

Die Gesamt-Schwefelsäure wurde, wie in der erwähnten Arbeit von G. Sonntag, in dem längere Zeit mit Salzsäure gekochten Harn ermittelt.

Die Sulfat-Schwefelsäure wurde als Differenz von Gesamt-Schwefelsäure und Äther-Schwefelsäuren berechnet.

[1]) vergl. E. Salkowski, Praktikum der physiologischen und pathologischen Chemie. 2. Aufl. S. 264.

D. Bestimmung des Gesamt-Schwefels.

Die Bestimmung des Gesamt-Schwefels wurde in der üblichen Weise im Aschenrückstand des Harnes vorgenommen.

Außerdem wurde auch der Kot auf seinen Schwefelgehalt untersucht. Es wurden stets die Kotmengen der zwei zu einer Periode gehörenden Tage, nachdem ihr Einzelgewicht im feuchten Zustande festgestellt worden war, vereinigt. Im vereinigten Kot wurde die Trockensubstanz und der Gesamt-Schwefel ermittelt.

Ergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in den folgenden beiden Tabellen 2 und 3 niedergelegt. Tabelle 2 enthält die Angaben über das Körpergewicht, die Kotmengen, Harnmengen und das spez. Gewicht der Harne an den einzelnen Tagen des Versuchs. Tabelle 3 bringt die ermittelten analytischen Werte.

Tabelle 2.

Körpergewicht, Mengen und spezifische Gewichte der Harne, Kotmengen.

1	2	3	4					5	
			Harn					Kot	
			Von 9 Uhr morg. bis 2 Uhr nachm.		Von 2 Uhr nachm. bis 9 Uhr morg.				
Versuchstage	Zusatz zur Nahrung g	Körpergewicht g	Menge g	Spez. Gew.	Menge g	Spez. Gew.	Gesamtmenge g	feucht g	trocken g
1		83 880	401	1,020	681	1,027	1082	38	43,5
2		83 550	233	1,024	761	1,027	994	123	
I 3		83 400	245	1,024	800	1,027	1045	80	61,9
I 4		83 000	221	1,024	735	1,027	956	100	
Mittel			**233**		**767,5**		**1001**	**90**	
II 5	Acetaldehydschwefligsaures Natrium 3,155	82 900	242	1,028	644	1,029	886	56	49,9
II 6	3,155	83 100	292	1,026	822	1,026	1114	50	
Mittel			**267**		**733**		**1000**	**53**	
III 7		83 000	207	1,025	924	1,020	1131	111	89,2
III 8		83 100	219	1,024	934	1,022	1153	80	
Mittel			**213**		**929**		**1142**	**95,5**	
IV 9	neutrales schwefligsaures Natrium 5,801	82 820	236	1,029	730	1,027	966	248	141,2
IV 10	5,801	82 800	240	1,030	772	1,027	1012	202	
Mittel			**238**		**757**		**989**	**225**	
V 11		82 700	152	1,027	792	1,023	944	98	81,9
V 12		82 650	167	1,027	855	1,025	1022	216	
Mittel			**159,5**		**823,5**		**983**	**157**	

Das Körpergewicht sinkt während der Versuchszeit von 83880 g auf 82650 g herab. Die Abnahme an den vier dem Versuchsabschnitt (II) voraufgehenden Tagen um 880 g beweist, daß die für den Versuch gewählte Nahrung nicht völlig ausgereicht hatte, um den Körper auf dem Gewichtszustand der vorhergehenden Zeit zu erhalten. Das Gewicht am 4. Tage im Betrage von 83000 g dürfte das der Versuchsnahrung entsprechende Gewicht sein, da es in der Folge bis zum 8. Tage nach oben und unten nur um 100 g schwankte. Am 9. und 10. Tage sinkt es unbedeutend, während sich am 11. und 12. Tage als Nachwirkung der schweren Darmstörung eine stärkere Abnahme bemerkbar macht.

Was die Kotausscheidung anlangt, so ist die Trockensubstanz während der Sulfitperiode (IV) beträchtlich erhöht, ebenso auch der Wassergehalt in dieser (IV) und der Schlußperiode (V); eine solche Steigerung ist dagegen nicht in der Aldehydsulfitperiode eingetreten. Die Mehrausscheidung von fester Substanz und Wasser in der Sulfitperiode ist die Folge der vorher geschilderten Erkrankung in der Periode IV. Die Menge des feuchten Kotes während des ersten Sulfittages von 248 g, der höchsten Menge während des ganzen Versuches, lehrt, daß auch schon an diesem Tage der Einfluß des neutralen schwefligsauren Natriums sich geltend gemacht hat, obwohl es zu einer zweiten Darmentleerung an diesem Tag nicht kam. Auch die große S-Menge im Kot der Sulfitperiode (0,405 g; s. S. 243) ist durch die Darmstörung zu erklären.

Die Harnmenge der ersten fünf Stunden ist in der Aldehydsulfitperiode (II) im Durchschnitt um 34 g größer als in der Vorperiode, desgleichen in der Sulfitperiode (IV) um 25 g größer als in der vorangehenden Periode (III). In der Nachperiode ist die Menge des am Vormittage ausgeschiedenen Harnes am geringsten (159,5 g). Die Gesamtmenge ist am kleinsten in der Nachperiode (983 g), am höchsten mit 1142 g in der Zwischenperiode. Die Mengen in der Vorperiode und in den beiden Versuchsperioden sind 1001, 1000 und 989 g. Die Werte für das spezifische Gewicht schwanken zwischen 1,024 und 1,030.

Bei Erörterung der nachstehenden Tabelle 3 (S. 242 u. 243) interessiert es zunächst, zu wissen, ob tatsächlich nach der Einnahme der beiden Sulfitpräparate schweflige Säure als solche mit dem Harn ausgeschieden worden ist. In den Normalperioden wurden als flüchtige, in das Destillat übergegangene Schwefelverbindungen bestimmt und als schweflige Säure berechnet: in der Vorperiode 0,017 g, in der Zwischenperiode 0,020 g und in der Schlußperiode 0,026 g. Die entsprechenden Werte betrugen in der Aldehydsulfitperiode (II) 0,020 g und in der Sulfitperiode (IV) 0,019 g. Es ist also in den beiden Versuchsabschnitten eine Erhöhung der Werte für die flüchtigen Schwefelverbindungen des Harnes gegenüber den Normalperioden nicht eingetreten. Schweflige Säure ist demnach in quantitativ bestimmbarer Menge nicht im Harn aufgefunden worden. Hieraus darf allerdings noch nicht der Schluß gezogen werden, daß schweflige Säure überhaupt nicht bei diesem Versuch in den Harn gelangt war. Besondere, später zu beschreibende Versuche haben vielmehr gezeigt, daß in der Tat nach Einnahme von Sulfit schweflige Säure in den Harn übergeht und durch geeignete Versuchsanstellung nachgewiesen werden kann.

Tabelle 3.

Die Ausscheidung des mit der Nahrung eingeführten acetaldehyd-

1	2	3			4			
		Eingeführte Menge Schwefel (S)			**Ausgeschiedene Menge**			
					durch den Harn			
					als Sulfit (durch Destillation bestimmt)			
Versuchs-tage	Zusatz zur Nahrung g	in der Nahrung g	im Sulfit g	Gesamt-menge g	von 9 Uhr morgens bis 2 Uhr nachm. g	von 2 Uhr nachm. bis 9 Uhr morgens g	als Äther-schwefel-säure g	als Sulfat-schwefel-säure g
1		1,062		1,062	0,006	0,004	0,105	0,661
2		1,042		1,042	0,005	0,004	0,092	0,637
I { 3		1,042		1,042	0,005	0,004	0,115	0,522
I { 4		1,042		1,042	0,004	0,004	0,112	0,580
Mittel:				**1,042**	0,005	0,004	**0,114**	**0,551**
					0,009			
II { 5	Acetaldehydschwefligsaures Natrium 3,155	1,005	0,658	1,663	0,005	0,006	0,104	1,193
II { 6	3,155	1,005	0,658	1,663	0,005	0,004	0,114	1,176
Mittel:				**1,663**	0,005	0,005	**0,109**	**1,185**
					0,010			
III { 7		1,005		1,005	0,005	0,004	0,122	0,535
III { 8		1,005		1,005	0,004	0,005	0,130	0,564
Mittel:				**1,005**	0,005	0,005	**0,126**	**0,550**
					0,010			
IV { 9	Natriumsulfit 5,801	1,037	0,735	1,772	0,004	0,004	0,117	1,368
IV { 10	5,801	1,037	0,735	1,772	0,006	0,004	0,098	1,393
Mittel:				**1,772**	0,005	0,004	**0,108**	**1,381**
					0,009			
V { 11		1,037		1,037	0,007	0,006	0,093	0,514
V { 12		1,037		1,037	0,004	0,008	0,098	0,705
Mittel:				**1,037**	0,006	0,007	**0,096**	**0,610**
					0,013			

Bezüglich des **Gesamt-Schwefels und der Schwefel-Bilanz** ist folgendes zu bemerken: Die Mittelzahlen für die im Harn (Spalte 4) erscheinenden Gesamtmengen Schwefel sind in den beiden Sulfitperioden die gleichen (1,484 g und 1,485 g); die Werte für die drei übrigen Perioden bewegen sich in nicht zu weiten Grenzen (0,943 g, 0,903 g und 0,975 g). — Die Menge des im Kot ausgeschiedenen Schwefels (Spalte 4) geht annähernd parallel mit dem Trockengehalt:

schwefligsauren Natriums und neutralen schwefligsauren Natriums.

Schwefel (S)			5 Schwefel (S)-Bilanz		6 Schweflige Säure (SO_2)			
						Aus der im Destillat gefundenen Menge Schwefelsäure als SO_2 berechnet		
Gesamtmenge	durch den Kot	Gesamtmenge	in absoluten Werten	in % des eingeführten Schwefels (S)	eingeführt	von 9 Uhr morgens bis 2 Uhr nachmittags	von 2 Uhr nachmittags bis 9 Uhr morgens	Gesamtmenge
g	g	g			g	g	g	g
0,934	0,129	1,063	+ 0,001	100,1		0,012	0,008	0,020
0,877	0,129	1,006	— 0,036	96,5		0,009	0,007	0,016
0,946	0,163	1,109	+ 0,067	106,4		0,009	0,007	0,016
0,940	0,163	1,103	+ 0,061	105,9		0,009	0,009	0,018
0,943	**0,163**	**1,106**	**+ 0,064**	**106,1**		**0,009**	**0,008**	**0,017**
1,466	0,131	1,597	— 0,066	96,0	1,300	0,010	0,012	0,022
1,501	0,131	1,632	— 0,031	98,1	1,300	0,010	0,008	0,018
1,484	**0,131**	**1,615**	**— 0,049**	**97,1**	**1,300**	**0,010**	**0,010**	**0,020**
0,845	0,227	1,072	+ 0,067	106,7		0,010	0,009	0,019
0,960	0,227	1,187	+ 0,182	118,1		0,009	0,011	0,020
0,903	**0,227**	**1,130**	**+ 0,125**	**112,4**		**0,010**	**0,010**	**0,020**
1,311	0,405	1,716	— 0,056	96,8	1,300	0,009	0,008	0,017
1,659	0,405	2,064	+ 0,292	116,5	1,300	0,011	0,009	0,020
1,485	**0,405**	**1,890**	**+ 0,118**	**106,7**	**1,300**	**0,010**	**0,009**	**0,019**
0,870	0,234	1,104	+ 0,067	106,5		0,014	0,012	0,026
1,079	0,234	1,313	+ 0,276	126,6		0,009	0,016	0,025
0,975	**0,234**	**1,209**	**+ 0,172**	**116,6**		**0,012**	**0,014**	**0,026**

Periode	Trockengehalt	Schwefel
I	61,9 g	0,163 g
II	49,9 „	0,131 „
III	89,2 „	0,227 „
IV	141,2 „	0,405 „
V	81,9 „	0,234 „

Die erhöhte Schwefelausfuhr in der Sulfitperiode (IV) ist nicht die Folge einer Sulfitwirkung, sondern der durch das Sulfit veranlaßten Darmstörung.

Die aufgestellte Bilanz zwischen der Menge des eingeführten und des im Harn und Kot wieder ausgeschiedenen Schwefels zeigt, daß die Werte in

Vorperiode	I	106,1 %
Versuchsperiode	II	97,1 „
Zwischenperiode	III	112,4 „
Versuchsperiode	IV	106,7 „
Nachperiode	V	116,6 „

betragen.

Unter Berücksichtigung der Versuchsschwierigkeiten müssen diese Zahlen als befriedigend bezeichnet werden. Der mit den Schwefligsäure-Präparaten eingeführte Schwefel wurde demnach im Gesamt-Schwefel des Harnes und Kotes wiedergefunden.

Was die **gepaarten Schwefelsäuren und die freie Schwefelsäure** anlangt, so sind die Mittelwerte für die mit dem Harn ausgeschiedenen Äther-Schwefelsäuremengen in den beiden Versuchsabschnitten (II und IV) dieselben (0,109 g und 0,108 g). In der Vorperiode beträgt die Mittelzahl 0,114 g; in der Zwischenperiode steigt sie auf 0,126 g und sinkt in der Nachperiode auf 0,096 g. Es läßt sich also ein Einfluß der verabfolgten Sulfitgaben in einer vermehrten oder verminderten Bildung der Äther-Schwefelsäuren in diesem Versuch nicht erkennen.

Im Einklang mit dem Ausfall der Schwefel-Bilanz stehen auch die Werte für die Sulfatschwefelsäure. Die Sulfatausscheidung vollzieht sich in den sulfitfreien Abschnitten (I, III, V) annähernd gleichmäßig. Sie beläuft sich in der Vorperiode auf 0,551 g, in der Zwischenperiode auf 0,550 g und steigt in der Nachperiode auf 0,610 g. Die Erhöhung der Sulfatausscheidung in den Sulfitperioden (II, IV) entspricht den Mengen Sulfat, welche durch die Oxydation des eingeführten Sulfits zu Sulfat entstehen, unter Einbeziehung der kleinen Menge des in den Sulfitpräparaten enthaltenen Sulfats.

II. Versuche über den Ablauf der Sulfitausscheidung.

Bei der von uns getroffenen Versuchsanordnung war es, wie erwähnt, nicht gelungen, nach Einführung der schwefligsauren Präparate schweflige Säure im Harn quantitativ nachzuweisen. Dieser Befund konnte möglicherweise darin seine Ursache haben, daß kleine Mengen schwefliger Säure im Harn beim Verweilen desselben in der Blase und längeren Stehen der ersten Harnportion oxydiert worden waren. Diese Überlegung veranlaßte uns, weitere Versuche anzustellen, in denen der Harn möglichst bald nach der Aufnahme des Sulfits und in kurzen darauf folgenden Zeiträumen (5 Minuten bis eine Viertelstunde) entleert und in diesen einzelnen Mengen sofort untersucht wurde.

Zum Nachweis der schwefligen Säure diente die Reaktion mit jodsaurem Kalium in folgender Ausführung[1]). Die zu untersuchende Harnprobe wird in ein flaches Glasschälchen von etwa 5 ccm Inhalt gegossen, mit Phosphorsäure angesäuert, umgerührt und mit einer Glasplatte bedeckt, auf deren untere Seite ein Tropfen Kaliumjodat-

[1]) H. Schmidt, Über das Vorkommen der schwefligen Säure in Dörrobst und einigen anderen Lebensmitteln. Diese Arbeiten 1904, Bd. 21. S. 231.

Stärke-Lösung gebracht wurde. Zwischen Glasplatte und Flüssigkeitsoberfläche wird ein möglichst kleiner Raum gelassen. Bei Anwesenheit von schwefliger Säure färbt sich der Tropfen vom Rande her beginnend durch das freiwerdende Jod blau ($2\,KJO_3 + 5\,SO_2 + 4\,H_2O = 2\,J + 4\,H_2SO_4 + K_2SO_4$). Über die Empfindlichkeit dieser Reaktion unter den hier obwaltenden Versuchsbedingungen geben nachstehende zwei Versuchsreihen Aufschluß:

100 ccm Menschenharn wurden mit verschiedenen Mengen einer wässerigen Natriumsulfitlösung von bekanntem, durch Titration kurz vorher bestimmten Gehalt an schwefliger Säure versetzt. Von den Mischungen wurden je 5 ccm geprüft.

Probe a)	bei	Harn,	der	in	100	ccm	0,005 g SO_2	enthielt,	Reaktion	nach	1	Min.
	„	„	„	„	100	„	0,0025 g SO_2	„	„	„	1	„
	„	„	„	„	100	„	0,0015 g SO_2	„	„	„	2	„
	„	„	„	„	100	„	0,001 g SO_2	„	„	„	2	„
	„	„	„	„	100	„	0,0005 g SO_2	„	„	„	4 1/2	„
	„	„	„	„	100	„	0,00025 g SO_2	„	„	„	15	„
Probe b)	„	„	„	„	100	„	0,0005 g SO_2	„	„	„	3	„
Probe c)	„	„	„	„	100	„	0,0005 g SO_2	„	„	„	5	„
	„	„	„	„	100	„	0,00025 g SO_2	„	keine Reaktion			
Probe d)	„	„	„	„	100	„	0,00025 g SO_2	„	schwache Reaktion nach 1/2 Stunde.			

Die Grenze der Nachweisbarkeit der schwefligen Säure im Harn mittels des beschriebenen Verfahrens liegt demnach bei etwa 0,0005 g SO_2 in 100 ccm Harn, wobei die Reaktion in 4—5 Minuten eintritt.

Mit einer Ausnahme wurden die im Anschluß an den früher beschriebenen Ausscheidungsversuch angestellten Untersuchungen, bei denen neutrales schwefligsaures Natrium, und formaldehydschwefligsaures, acetaldehydschwefligsaures und glukoseschwefligsaures Natrium Verwendung fanden, wiederum an derselben Person (F.) angestellt. Die Menge des jedesmal eingeführten Natriumsulfits betrug 4 g, in einem Falle 3 g. Die Salze wurden in Oblaten genommen und mit Wasser hinuntergeschluckt. Gleich hinterher wurde ein Butterbrot verzehrt. Unmittelbar vor der Einnahme des Sulfits war der Harn (Vorharn) zur Abgrenzung entleert und ebenfalls der beschriebenen qualitativen Prüfung unterzogen worden. Niemals ist bei allen diesen Versuchen die Reaktion auf schweflige Säure im Vorharn eingetreten.

Versuch I.

(Versuchsperson F. 31. I. 1905). 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Dazu 200 ccm Wasser getrunken. — Entleerung des Harnes während der ersten Stunde in Zwischenräumen von 10, später von 20 Minuten.

Harn entleert nach:	Reaktion auf SO_2:
10 Minuten	keine Reaktion
20 „	Reaktion nach 1/2 Minute
30 „	Reaktion sofort
40 „	„
50 „	„
60 „	„

Harn entleert nach:	Reaktion auf SO_2:
80 Minuten	Reaktion ganz schwach
100 „	keine Reaktion.

Durch diesen Versuch ist festgestellt, daß schweflige Säure nach Einführung von Sulfit in den Magen in den Harn übergeht. In vorliegendem Fall konnte sie darin in den während der ersten 80 Minuten entleerten Harnmengen nachgewiesen werden.

Die bei den Harnportionen von 20—60 Minuten sofort eintretende und somit das Vorhandensein einer verhältnismäßig großen Menge SO_2 andeutende Reaktion ließ hoffen, daß es gelingen könnte, die in den Harn der ersten Stunde nach Sulfiteinnahme übergehende schweflige Säure auch quantitativ zu bestimmen. Im folgenden Versuch wurden die Harnmengen der beiden ersten Stunden nach dem im ersten Abschnitt (S. 234) beschriebenen Verfahren der Destillation unterworfen; gleichzeitig wurde qualitativ geprüft, ob diese Harnmengen SO_2 enthielten. In gleicher Weise wurde der Vorharn und der Harn der 3. Stunde (Nachharn) untersucht.

Versuch II.

4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate um 12^{40} p. m.

Je 200 ccm Wasser getrunken um 12^{40}, 1^{00}, 1^{35}, 2^{00} (insgesamt 800 ccm in 1 Std. 20 Min.)

Versuchsperson F. 2. II. 1905	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	erhaltene Menge $BaSO_4$ g	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 10^{00}—12^{40})	150	keine Reaktion	0,0026	—
Harn nach Sulfiteinnahme:				
1. Stunde (12^{40}—1^{40})	80	Reaktion nach 1 Min.	0,0072	0,0016
2. Stunde (1^{40}—2^{40})	48	„ „ 4 „	0,0035	0,0007
Nachharn (von 2^{40}—3^{40})	226	keine Reaktion	0,0022	—

Wie bei den früheren Destillationsversuchen hat sich auch in diesem Versuch bei dem normalen Vorharn und dem nicht mehr sulfithaltigen Nachharn ein Destillat ergeben, das Baryumsulfat lieferte. Von den aus den erhaltenen Baryumsulfatmengen für die beiden sulfithaltigen Harne als schweflige Säure berechneten Werten ist also ein Teil auf Rechnung der normalerweise überdestillierenden Schwefelverbindungen zu setzen.

Da die Baryumsulfatmengen im Destillat der durch die qualitative Prüfung als sulfithaltig erkannten Harne der beiden ersten Stunden deutlich höher sind, so war anzunehmen, daß dieser Überschuß dem Gehalt an schwefliger Säure entsprach.

Man ist nun aber nicht berechtigt, die aus dem normalen Harn überdestillierte Menge flüchtiger Schwefelverbindungen von der aus den Versuchsharnen (selbst bei derselben Person oder beim jeweiligen Versuch) gewonnenen Menge in Abzug zu bringen, indem man für den Vorharn einen Normalwert für die Volumeinheit ableitet und diesen von den verschiedenen Mengen der Versuchsharne abzieht, da ja (vergl. S. 238) bei gleicher Destillationsdauer aus kleinen Harnmengen die gleichen Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen überdestillieren können, wie aus größeren Mengen desselben Harnes.

Der Versuch II hat ergeben, daß in dem Stundenharn schweflige Säure zwar vorhanden war, jedoch in so geringer Menge, daß sie quantitativ nicht mit Sicherheit bestimmt werden konnte. Die Vermutung, daß eine etwa in den Harn gelangte größere Menge Sulfit im Laufe einer Stunde bis auf einen kleinen Rest oxydiert worden war, führte nunmehr dazu, die Untersuchungen in noch kürzeren Zeitabschnitten vorzunehmen. In allen folgenden Versuchen wurde deshalb der viertelstündlich nach der Sulfiteinnahme gelassene Harn analysiert.

Versuch III [1]).

4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Je 200 ccm Wasser zu Beginn jeder Viertelstunde der ersten Stunde getrunken (800 ccm innerhalb der ersten 45 Minuten).

Versuchsperson F. 6. II. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 11^{00}—12^{42})	—	keine Reaktion	—	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	62	nach $^1/_2$ Minute	0,0099	0,0027
2. „	59	sofort	**0,0355**	**0,0097**
3. „	35	sofort	0,0121	0,0033
4. „	68	sofort	0,0087	0,0024
Harn entleert				
nach 70 Minuten	—	nach 3 Minuten	—	—
„ 80 „	—	nach 15 „	—	—
„ 90 „	—	keine Reaktion	—	—

Versuch IV.

3 g Natriumsulfit (0,72 g SO_2) in Oblate um 12^{30} p. m.

Je 200 ccm Wasser um 12^{30}, 12^{35}, 12^{40}, 12^{48}, 12^{58}, 1^{00} getrunken (1200 ccm innerhalb der ersten 30 Minuten).

Versuchsperson F. 8. II. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von der vorhergehenden Stunde).	400	keine Reaktion	Spur (nicht bestimmt)	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	20	nach 4 Minuten	0,0046	0,0013
2. „	20	sofort	**0,0064**	**0,0018**
3. „	26	sofort	0,0046	0,0013
4. „	80	nach 1 Minute	0,0056	0,0015
Harn entleert				
während der 2. Stunde	740	nach 20 Minuten	0,0104	0,0029
„ „ 3. „	160	keine Reaktion	0,0040	—

[1]) Die graphische Darstellung der Baryumsulfatmengen im Destillat des Harns der Versuche III bis XIII und XVI siehe später.

Versuch V. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Je 200 ccm Wasser zu Beginn der ersten 5 Viertelstunden getrunken (1000 ccm innerhalb 1 Stunde).

Versuchsperson F. 15. II. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 1½ Stunden)	200	keine Reaktion	0,0028	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	35	nach ¾ Minuten	0,0022	0,0006
2. „	36	sofort	**0,0232**	**0,0064**
3. „	44	sofort	0,0150	0,0041
4. „	35	sofort	0,0055	0,0015
Harn entleert				
während der 2. Stunde	270	nach 2½ Minuten	0,0052	0,0014
„ „ 3. „	80	keine Reaktion	—	

Versuch VI. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Innerhalb 1¾ Stunden vor dem Versuch 1100 ccm Wasser getrunken, bei Beginn und nach ½ Stunde je 200 ccm Wasser.

Versuchsperson F. 10. III. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn	300	keine Reaktion	0,0011	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	220	nach 3 Minuten	0,0080	0,0022
2. „	80	„ 3 „	**0,0094**	**0,0026**
3. „	58	„ 1½ „	**0,0088**	**0,0024**
4. „	60	„ 15 „	0,0034	0,0009

Diese 4 Versuche (III—VI) stimmen in bezug auf den Ausfall der qualitativen Prüfung mit Versuch I überein; ferner gab wie in dem Stundenversuch II auch in den Versuchen III, IV und V der in der 2. Stunde entleerte Harn noch die Reaktion auf schweflige Säure; in dem Harn der 3. Stunde wurde eine Reaktion nicht mehr erhalten. — Was die Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen anlangt, so zeigten die Baryumsulfatmengen aus den viertelstündigen Versuchsharnen gegenüber denen des Stundenversuches nicht die erwartete Steigerung; sie gehen über 35,5 mg, entsprechend 9,7 mg SO_2 (Versuch III), nicht hinaus. Es waren also auch dann nur geringe Mengen Sulfit im Harn vorhanden, wenn er in Zwischenräumen von 15 Minuten entleert worden war und deshalb nur kurze Zeit in der Harnblase verweilt haben konnte. Der Anteil des aufgenommenen Sulfits, der beim Durchgang durch den Körper der Oxydation entgeht und als Sulfit mit dem Harn den Körper verläßt, ist somit außerordentlich gering und kann mangels eines sicheren Bestimmungsverfahrens für so kleine Mengen in einem prozentualen Verhältnis nicht angegeben werden.

Immerhin geben die in den Tabellen vermerkten Zeiten für den Eintritt der

qualitativen Reaktion eine Vorstellung von dem Verlauf der Ausscheidung des nicht oxydierten Sulfits aus dem Körper. Es ist anzunehmen, daß, abgesehen von den Fällen, in denen die sofort auftretende Blaufärbnng des Kaliumjodatstärketropfens einen erheblichen Gehalt an Sulfit anzeigt, die Reaktion um so später auftreten wird, je weniger Sulfit im Harn enthalten ist, wie auch die an Harn mit Zusatz von Sulfit angestellten Prüfungen über die Empfindlichkeit der Reaktion (S. 245) erkennen lassen.

Die Ergebnisse der Sulfatbestimmungen in den Destillaten der sulfithaltigen Harne stehen mit dem mehr oder weniger verzögerten Eintritt der qualitativen Reaktion nicht immer im Einklang, was sich ja auch aus den verschiedenen Mengen der bei der Destillation der jeweiligen, nach Menge und Beschaffenheit verschiedenen Versuchsharne entstehenden flüchtigen Schwefelverbindungen erklärt. Die aus den Baryumsulfatmengen berechneten Werte für SO_2 sind stets um einen, den in jedem Falle mit überdestillierenden flüchtigen Schwefelverbindungen entsprechenden, aber nicht zu ermittelnden Betrag zu hoch. Nur im Zusammenhang mit dem Ausfall der qualitativen Reaktion betrachtet vermögen sie ein annähernd richtiges Bild von dem quantitativen Ablauf der Sulfitausscheidung zu geben. Demnach ist die Ausscheidung am größten in der 2. Viertelstunde nach der Aufnahme des Sulfits. Die höchsten Werte wurden in den Versuchen III und V erhalten, die in keinem anderen Versuche wieder erreicht wurden. Da bei der in Versuch III nach Einnahme von 0,96 g SO_2 im Harn wiedergefundenen Höchstmenge von 9,7 mg SO_2 noch ein Abzug für andere flüchtige Schwefelverbindungen gemacht werden müßte, so beträgt die Menge der ausgeschiedenen SO_2 noch nicht 1% der eingenommenen.

Bei einer zweiten Versuchsperson (Versuch VII) wurden ähnliche Zahlenwerte nach Einnahme von 4 g Natriumsulfit gefunden. Auch hier sind die Zahlen eindeutig; die höchsten Werte waren ebenfalls in der 2. Viertelstunde erreicht. Bei dieser Versuchsperson traten bald nach der Sulfiteinnahme schwere Störungen im Befinden auf, die bei einer späteren Gelegenheit beschrieben werden sollen.

Versuch VII. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Von der 3. Viertelstunde ab allmählich 400 ccm Tee getrunken. (Während des Versuches traten u. a. schwere Störungen, wiederholtes Erbrechen und profuse Diarrhöen, auf.)

Versuchsperson R. 7. II. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat	
			erhaltene Menge $BaSO_4$ g	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn	135	keine Reaktion	0,0020	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	22,5	keine Reaktion	0,0066	0,0017
2. „	17,0	sofort	**0,0094**	**0,0026**
3. „	12,0	sofort	0,0062	0,0017
4. „	11,0	positiv [1]	0,0041	0,0011
Nachharn entleert in den folgenden 3 Stunden	98,0	—	0,0076	—

[1]) Der Zeitpunkt des Eintritts der Reaktion ist nicht festgestellt worden.

In den Selbstversuchen an F. sind verhältnismäßig erhebliche Wassermengen dem Körper zugeführt worden, deren Hauptausscheidung bekanntlich in die 2. und 3. Stunde nach der Sulfiteinnahme fällt, wie wir auch bei den zahlreichen Versuchen über die Ausscheidung der Borsäure von neuem gesehen haben[1]. Da mit der Möglichkeit zu rechnen war, daß durch eine starke Durchspülung des Körpers die Oxydation des Sulfits beeinflußt werden konnte, wurde in dem folgenden Versuch VIII das Sulfit erst mit dem Einsetzen der stärksten Diurese genommen; doch blieben auch unter diesen Verhältnissen die Mengen flüchtiger Schwefelverbindungen, als SO_2 berechnet, gegenüber den anderen Versuchen unverändert.

Versuch VIII. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

In den vorhergehenden $1^1/_2$ Stunden insgesamt 900 ccm Wasser, zu Beginn der 4 Viertelstunden je 200 ccm Wasser getrunken.

Versuchsperson F. 12. III. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2 *)	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn	300	—	0,0011	0,0003
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	335	positiv	0,0034	0,0009
2. „	265	positiv	**0,0176**	**0,0048**
3. „	265	positiv	**0,0186**	**0,0051**
4. „	290	positiv	0,0081	0,0022

*) Der Zeitpunkt des Eintritts der Reaktion ist nicht festgestellt worden.

Nach einer Unterbrechung von 2 Jahren wurden die vorbeschriebenen Viertelstundenversuche an derselben Versuchsperson F. wiederholt und nach einigen Richtungen hin erweitert (Versuch IX—XII).

Versuch IX. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

200 ccm Milch bei Beginn des Versuches getrunken.

Versuchsperson F. 13. VI. 1907	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von $1^3/_4$ Stunden)	240	keine Reaktion	0,0040	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	47	keine Reaktion	0,0027	—
2. „	65	nach 3 Min.	0,0055	0,0015
3. „	54	„ $1^1/_2$ „	0,0038	0,0010
4. „	53	„ $2^3/_4$ „	**0,0079**	**0,0022**
5. „	17,5	„ $4^1/_4$ „	0,0044	0,0012
Nachharn:				
6. Viertelstunde	8	keine Reaktion	—	—

[1] G. Sonntag, Über die quantitative Untersuchung des Ablaufs der Borsäureausscheidung aus dem menschlichen Körper. Diese Arbeiten 1902, Bd. 19, S. 110.
E. Rost, Zur Kenntnis der Ausscheidung der Borsäure. Archives internationales de pharmaco-dynamie et de thérapie 1905, Bd 15, S. 291.

Ein weiterer Versuch (X), bei dem die Flüssigkeitszufuhr in den vorhergehenden $2^1/_4$ Stunden und während des Versuches gänzlich unterblieb, zeigte in seinem Ergebnis keinen bemerkenswerten Unterschied. Die SO_2-Reaktion war noch in der 6. Viertelstunde positiv.

Versuch X. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Letzte Flüssigkeitsaufnahme (250 ccm Kaffeeaufguß) $2^1/_4$ Stunden vor Anstellung des Versuches. Während des Versuches keine Flüssigkeit zugeführt.

Versuchsperson F. 18. VI. 1907	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von $2^1/_4$ Stunden)	120	keine Reaktion	0,0062	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	15,5	keine Reaktion	0,0042	—
2. "	26,0	nach 30 Sekunden	**0,0100**	**0,0027**
3. "	17,5	" 15 "	0,0075	0,0021
4. "	17,5	" 20 "	0,0056	0,0015
5. "	21,0	" 20 "	0,0078	0,0021
6. "	16,0	" $1^1/_4$ Minuten	0,0050	0,0014
Nachharn				
7. Viertelstunde:	13,5	keine Reaktion	0,0073	—
8. "	12,0	"	—	—

Um zur Kontrolle nochmals den etwaigen Einfluß einer starken Diurese zu prüfen, wurde in Versuch XI die Ausscheidung von 4 g Natriumsulfit nach dem vorangegangenen Genuß von 1 Liter Pilsener Bier verfolgt.

Versuch XI. 1 Liter Pilsener Bier wird in 10 Minuten ausgetrunken. 1 Stunde später 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Versuchsperson F. 27. VI. 1907	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 1 Stunde)	400	keine Reaktion	0,0022	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	290	nach 15 Minuten	0,0036	0,0010
2. "	160	" 4 "	0,0035	0,0010
3. "	38	" 5 "	0,0050	0,0014
4. "	49	" 10 "	**0,0055**	**0,0015**
5. "	29	" 6 "	—	— *)
6 "	21	" 4 "	0,0052	0,0014
Nachharn:				
7. Viertelstunde	17	keine Reaktion	0,0085	—
8. "	19	"	—	—

*) Die Bestimmung ist verunglückt.

Die Diurese hat nach der 2. Viertelstunde des Versuches bereits stark nachgelassen. Eine Beeinflussung der Sulfitausscheidung konnte nicht wahrgenommen werden. Es ist aber zu bemerken, daß im Gegensatz zu den übrigen Versuchen dieser später angestellten 2. Versuchsreihe die SO_2-Reaktion, wie schon erwähnt, bereits in der 1. Viertelstunde eintrat. Ebenso wie in dem vorhergehenden Versuch mit Vermeidung einer Diurese ist sie noch in der 6. Viertelstunde positiv.

Weiterhin wurde versucht, ob nicht höhere SO_2-Werte im Harn erhalten würden, wenn das Sulfit mit einem Mucilaginosum genommen wurde.

Versuch XII.

1000 ccm Decoctum Althaeae (aus 70 g Radix Althaeae mit etwas Kochsalz) werden in 5 Minuten ausgetrunken. Mit dem letzten Schluck 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Versuchsperson F. 29. VI. 07.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 1¼ Stunden)	97	keine Reaktion	0,0042	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	20	keine Reaktion	0,0054	—
2. „	48	nach ¾ Minuten	0,0070	0,0019
3. „	29	sofort	0,0107	0,0029
4. „	33	nach 15 Sekunden	**0,0123**	**0,0034**
5. „	29	„ 35 „	0,0048	0,0013
6. „	21	„ 45 „	0,0036	0,0010
7. „	22	„ 1¾ Minuten	0,0039	0,0011
Nachharn:				
8. Viertelstunde	15	keine Reaktion	0,0028	—

Die unter den Bedingungen des Versuches XII für die schweflige Säure erhaltenen Werte unterscheiden sich nicht von denen der übrigen Versuche. Es scheint aber, als ob die Ausscheidung der schwefligen Säure ein wenig verzögert ist; der Harn ergab noch in der 7. Viertelstunde die Reaktion auf schweflige Säure [1]).

In nachstehender Tabelle sind zum Vergleich mit den Ergebnissen der früheren Versuche die erhaltenen $BaSO_4$ - Mengen in Verbindung mit dem Ausfall der quali-

---

[1]) Während nach der Aufnahme von 1 Liter Wasser die gesamte Flüssigkeitsmenge im Verlauf von 5 Stunden wieder ausgeschieden wird, soll nach den Angaben v. Tappeiners (Arzneimittellehre, 1907, S. 43) nach der Einnahme von 1 Liter schleimhaltiger Flüssigkeit die Wasserausscheidung in 5 Stunden wenig mehr als ½ bis ⅔ der aufgenommenen Flüssigkeit betragen. In Versuch XII wurden ausgeschieden:

in der	1. Stunde	130 ccm
„ „	2. „	97 „
„ „	3. „	58 „
„ „	4. „	40 „
„ „	5. „	40 „
insgesamt in	5 Stunden	365 ccm,

also sogar nur etwa ⅓ der aufgenommenen schleimhaltigen Flüssigkeit.

tativen Prüfung auf SO_2 zusammengestellt, wobei + das Auftreten, — das Ausbleiben der SO_2-Reaktion bedeutet.

Nr. des Versuches.	Viertelstunden							
	1. g $BaSO_4$	2. g $BaSO_4$	3. g $BaSO_4$	4. g $BaSO_4$	5. g $BaSO_4$	6. g $BaSO_4$	7. g $BaSO_4$	8. g $BaSO_4$
III	+ 0,0099	+ **0,0355**	+ 0,0121	+ 0,0087				
IV.	+ 0,0046	+ **0,0064**	+ 0,0046	+ 0,0056				
V.	+ 0,0022	+ **0,0232**	+ 0,0150	+ 0,0055				
VI.	+ 0,0080	+ **0,0094**	+ 0,0088	+ 0,0034				
VII. (R)	— 0,0066	+ **0,0094**	+ 0,0062	+ 0,0041				
VIII. Wasser-Diurese.	+ 0,0034	+ 0,0176	+ **0,0186**	+ 0,0081				
IX.	— 0,0027	+ 0,0055	+ 0,0038	+ **0,0079**	+ 0,0044	—		
X. Beschränkte Wasserzufuhr	— 0,0042	+ **0,0100**	+ 0,0075	+ 0,0056	+ 0,0078	+ 0,0050	— 0,0073	
XI. Bier-Diurese.	+ 0,0036	+ 0,0035	+ 0,0050	+ 0,0055	+ verunglückt	+ 0,0052	— **0,0085**	
XII. Decoct. Althaeae.	— 0,0054	+ 0,0070	+ 0,0107	+ **0,0123**	+ 0,0048	+ 0,0036	+ 0,0039	— 0,0028

Während in den früheren Versuchen an F. (III, IV, V, VI, VIII) die SO_2-Reaktion bereits in der ersten Viertelstunde positiv ausfiel, blieb bei den später ausgeführten, mit Ausnahme von Versuch XI, die Reaktion in der ersten Viertelstunde aus, wie es auch bei der Versuchsperson R. der Fall gewesen war. Die im Destillat bestimmten Baryumsulfatmengen der Versuche IX—XII hielten sich in denselben Zahlengrenzen wie bei der ersten Versuchsreihe; es liegen jedoch die höheren Werte, entsprechend der hier erst in der zweiten Viertelstunde, also um eine Viertelstunde später eintretenden SO_2-Reaktion, in der 3. und 4. Viertelstunde, z. T. noch später. (In vorstehender Tabelle sind die höchsten Werte in jedem Versuche fettgedruckt.)

Versuch IX ist als Vergleichsversuch zu der ersten Versuchsreihe angestellt worden, nur daß die Flüssigkeitszufuhr während des Versuches auf 200 ccm Milch, die zu Beginn genossen wurden, herabgesetzt war.

Schließlich wurden in gleicher Weise Ausscheidungsversuche mit drei Präparaten der gebundenen schwefligen Säure (formaldehyd-, acetaldehyd- und glukoseschwefligsaures Natrium) angestellt. Nach den Untersuchungen Kerps[1]) erleiden die gebundenen schwefligen Säuren und ihre Salze in wässeriger Lösung eine Spaltung in schweflige Säure oder Natriumbisulfit einerseits und Aldehyd andererseits bis zu einem bestimmten Gleichgewicht. Hinsichtlich der Größe des Komplexzerfalls

[1]) Kerp, Zur Kenntnis der gebundenen schwefligen Säuren. Diese Arbeiten 1904, Bd. 21, S. 189; und: Vortrag auf dem XIV. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie 1907 (veröff. in der Chemiker-Zeitung 1907, Bd. 31, S. 1061).

der verschiedenen Säuren unter gleichen Bedingungen zeigt sich eine außerordentliche Zunahme der Spaltung mit steigendem Molekulargewicht der organischen Komponente. Der Komplexzerfall beim acetaldehydschwefligsauren Natrium ist 5-mal, beim benzaldehydschwefligsauren Natrium etwa 40-mal, beim acetonschwefligsauren Salz etwa 155-mal und beim glukoseschwefligsauren Natrium 560—1360-mal größer als bei der Formaldehydverbindung. Auf Grund der pharmakologischen Wirkungen der Formaldehyd-, der Acetaldehyd-, der Aceton- und der Glukoseverbindung konnte eine Giftigkeitsreihe aufgestellt werden, in der diese Körper sich nach dem Grade ihrer Giftigkeit in derselben Reihenfolge einordnen, wie in der nach der Größe des Komplexzerfalls bestehenden Reihe, da die Salze der gebundenen schwefligen Säure ihre pharmakologische Wirkung ausschließlich dem abgespaltenen Natriumbisulfit verdanken[1]).

Die verschiedene Größe des Komplexzerfalls der gebundenen schwefligen Säuren

[1]) vergl. Rost u. Franz, a. a. O. S. 256.

Versuch XIV. (Versuchs-

4 g Acetaldehydschwefligsaures

200 ccm

(Der vor der Einnahme des Sulfits ge-

Zeit nach der Einnahme des acetaldehydschwefligsauren Natriums, in der die untersuchten Harnmengen entleert wurden.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
						Viertel-
Reaktion auf SO_2	—	nach 10 Sek.	nach 10 Sek	nach 15 Sek.	nach 40 Sek.	nach 40 Sek.
Harnmenge ccm	20	14,5	14	21,5	17	20

Versuch XV. (Versuchs-

3 g Glukoseschwefligsaures

100 ccm

(Der vor der Einnahme des Sulfits ge-

Zeit nach der Einnahme des glukoseschwefligsauren Natriums, in der die untersuchten Harnmengen entleert wurden.	1—10	10—15	15—25	25—35	35—45	45—50
						Minu-
Reaktion auf SO_2	—	nach 15 Sek.	sofort	nach 5 Sek.	nach 25 Sek.	nach 25 Sek.
Harnmenge ccm	16,5	6,5	13,5	12	12	9

in wässeriger Lösung kommt also für ihre pharmakologische Wirkung wesentlich in Betracht. Von besonderer Bedeutung für die Wirkung der in den Magen gebrachten aldehydschwefligsauren Verbindungen ist ferner die Erscheinung, daß ihr Komplexzerfall in saurer Lösung größer ist als in neutraler, daß der Zerfall aber in saurer Lösung langsamer fortschreitet als in neutraler Lösung. Die Gegenwart von Pepsin zeigte sich ohne Einfluß auf Gleichgewicht und Reaktionsgeschwindigkeit[1]). Inwieweit die Vorgänge des Komplexzerfalles die Oxydation der in den Magen gelangten aldehydschwefligsauren Salze und die Ausscheidung des nicht oxydierten Anteils beeinflussen, wurde u. a. durch die nachstehenden Versuche festzustellen versucht.

[1]) vergl. Kerp, Zur Kenntnis der gebundenen schwefligen Säuren. II und III. Diese Arbeiten 1907. Bd. 26. S. 267 u. S. 296.

(Versuch XIII siehe Seite 256.)

person F. 11. VII. 1907.)

Natrium (1,62 g SO_2) in Oblate.

Milch.

lassene Harn gab keine Reaktion auf SO_2).

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.

stunde

nach 30 Sek.	nach 20 Sek.	nach 40 Sek.	nach 35 Sek.	nach 35 Sek.	nach 55 Sek.	nach 1½ Min.	nach 2¼ Min.	—
17,5	14	20	17	16	19	16	15	16

person F. 8. VII. 1907.)

Natrium (0,63 g SO_2) in Oblate.

Milch.

lassene Harn gab keine Reaktion auf SO_2.)

50—55	55—60	60—65	65—70	70—75	75—80	80—85	85—90	90—105

ten

nach 30 Sek.	nach 1 Min.	nach 2 Min.	nach 2 Min.	nach 2 Min.	nach 3¼ Min.	nach 4 Min.	nach 20 Min.	—
7	5	4	5	4	4,5	4,5	6,5	14,5

Versuch XIII.

2,67 g Formaldehydschwefligsaures Natrium (1,12 g SO_2) in Oblate.
200 ccm Wasser zu Beginn getrunken.

Versuchsperson F. 1. VII. 1907.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat	
			erhaltene Menge $BaSO_4$ g	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 2 Stunden)	148	keine Reaktion	0,0025	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	17	keine Reaktion	0,0053	—
2. „	12,5	„	0,0040	—
3. „	15	„	0,0039	—
4. „	18,5	nach 10 Minuten	**0,0070**	**0,0019**
5. „	17,5	„ 1¾ „	0,0065	0,0018
6. „	20,5	„ 1¼ „	**0,0071**	**0,0019**
7. „	18,5	„ 1 Min. 20 Sek.	**0,0070**	**0,0019**
8. „	19	„ 50 Sekunden	0,0046	0,0013
9. „	20,5	„ 3 Minuten	0,0067	0,0018
10. „	24	„ 5 „	0,0029	0,0008
11. „	16	„ 5 „	0,0020	0,0005
12. „	16	„ 9 „	—	—
13. „	16	„ 10 „	—	—
Nachharn:				
14. Viertelstunde	20,5	keine Reaktion	—	—

Die Prüfung auf schweflige Säure bei diesen drei Versuchen (XIII—XV) hat gezeigt daß beim formaldehydschwefligsauren Natrium (Versuch XIII) die Reaktion erst im Harn der 4. Viertelstunde auftrat und sich erst im Harn der 14. Viertelstunde nicht mehr erhalten ließ. Die bei diesem Versuch wie auch bei einem der noch zu besprechenden beiden letzten Versuche (XVI) bestimmten Baryumsulfatmengen ergaben ähnliche Zahlenwerte, wie sie bei den Versuchen mit Natriumsulfit erhalten wurden. Es besteht nach dem Ergebnis dieser Versuche mit den genannten Präparaten also kein Unterschied zwischen der freien und der gebundenen schwefligen Säure hinsichtlich der Größe der Ausscheidung.

Bei der Acetaldehydverbindung (Versuch XIV) trat schweflige Säure bereits im Harn der 2. Viertelstunde auf und konnte bis zur 14. Viertelstunde, also etwa ebensolange wie beim Formaldehydsulfit, nachgewiesen werden.

Im Versuch mit der Glukoseverbindung (Versuch XV), bei dem die qualitative Untersuchung des Harnes in Zeiträumen von 5 und 10 Minuten vorgenommen wurde, zeigte sich die Gegenwart von schwefliger Säure im Harn schon zwischen 10 und 15 Minuten nach der Einnahme; mit der zwischen 85 und 90 Minuten (Ende der 6. Viertelstunde) entleerten Harnmenge war die Ausscheidung von Sulfit beendet, dauerte also nur die Hälfte der Zeit wie beim formaldehyd- und acetaldehydschwefligsauren Natrium und etwa die gleiche Zeit wie beim Natriumsulfit.

Dieses Verhalten der Salze der gebundenen schwefligen Säuren scheint zu den Vorgängen der Komplexspaltung dieser Verbindungen in Beziehung zu stehen. Daß

ein enger Zusammenhang zwischen der Größe des Komplexzerfalles der gebundenen schwefligen Säuren in wässeriger Lösung und ihrer pharmakologischen Wirksamkeit besteht, ist, wie erwähnt, bereits festgestellt worden. In ähnlicher Weise steht die nach Einnahme von Salzen der gebundenen schwefligen Säure vor sich gehende Ausscheidung nicht oxydierten Sulfits im Einklange mit der Größe des Komplexzerfalles. Je größer der Komplexzerfall des betreffenden Salzes in wässeriger Lösung ist, desto früher tritt schweflige Säure im Harn auf.

Bezeichnung der Salze	Komplexzerfall in abgerundeten Verhältniszahlen [1])	Auftreten der SO_2-Reaktion	Ausscheidung von SO_2 beendet
Formaldehydschwefligsaures Natrium	1	in der 4. Viertelstunde	in der 13. Viertelstunde
Acetaldehydschwefligsaures Natrium	5	„ „ 2. „	„ „ 14. „
Glukoseschwefligsaures Natrium	560—1360	„ „ 1. „ (zwischen der 10. und 15. Minute).	„ „ 6. „

Auch die Dauer der SO_2-Ausscheidung scheint durch den Komplexzerfall der untersuchten Salze in wässeriger Lösung beeinflußt zu werden. Während beim glukoseschwefligsauren Natrium die Ausscheidung in der 6. Viertelstunde beendet war, dauerte sie bei dem weit schwächer dissoziiertem formaldehydschwefligsauren Natrium und acetaldehydschwefligsauren Natrium bis zur 13. und 14. Viertelstunde an.

Das von Kerp[2]) beobachtete überraschende Verhalten der gebundenen schwefligen Säuren in sauren Lösungen gab Veranlassung, schließlich noch zwei weitere Versuche (XVI und XVII) mit dem glukoseschwefligsauren Natrium anzustellen. Kerp hatte gefunden, daß die Geschwindigkeit des Komplexzerfalles der gebundenen schwefligen Säuren in saurer Lösung verlangsamt ist und daß die Verzögerung besonders groß ist bei der glukoseschwefligen Säure. Die entsprechende pharmakologische Untersuchung, die bei Kerp[3]) bereits kurze Erwähnung gefunden hat und ausführlich veröffentlicht werden wird, hat gezeigt, daß diese Verlangsamung auch im Tierorganismus sich geltend macht.

In nachstehenden beiden Versuchen wurden 3 g glukoseschwefligsaures Natrium und 0,5 g Salzsäure in 0,125 %iger Lösung eingenommen und die viertelstündlich danach entleerten Harnmengen auf Gegenwart von schwefliger Säure untersucht. In Versuch XVI wurde auch die quantitative Bestimmung der schwefligen Säure im Destillat des Harnes vorgenommen. Während nach der gleichen Menge glukoseschwefligsauren Natriums (3 g) ohne Salzsäure (Versuch XV) bereits der zwischen 10 und 15 Minuten nach der Einnahme entleerte Harn schweflige Säure enthielt, trat in Versuch XVI und XVII die Reaktion auf schweflige Säure erst im Harn der 2. und 3. Viertel-

[1]) Entnommen aus Kerps Vortrag auf dem XIV. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie 1907. a. a. O.

[2] Diese Arbeiten 1907, Bd 26. S. 249.

[3]) Vortrag auf dem XIV Intern. Kongreß für Hygiene und Demographie 1907. a. a. O.

stunde auf. — Die Dauer der Ausscheidung war nicht merklich beeinflußt. Bei Versuch XVI war sie trotz dem verzögerten Beginn in der 3. Viertelstunde ebenso wie im Versuch ohne Salzsäure (XV) mit der 6. Viertelstunde beendet; im Versuch XVII dauerte sie, mit der 2. Viertelstunde einsetzend, bis zur 7. Viertelstunde an.

Die Verzögerung des Auftretens von schwefliger Säure im Harn nach gleichzeitiger Aufnahme von glukoseschwefligsaurem Natrium und Salzsäure deutet darauf

Versuch XVI.

Glukoseschwefligsaures Natrium bei Gegenwart von Salzsäure.

Von einer 0,125 %igen Salzsäurelösung werden 200 ccm getrunken und gleich darauf 3 g Glukoseschwefligsaures Natrium (0,64 g SO_2) in Oblate eingenommen. Darnach werden 100 ccm Salzsäurelösung und nach 5 Minuten nochmals 100 ccm getrunken (insgesamt 400 ccm = 0,5 g Salzsäure).

Versuchsperson F. 5. X. 1907.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vornharn (von 1¼ Stunden)	130	keine Reaktion	—	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	77	keine Reaktion	0,0050	—
2. „	162	keine Reaktion	0,0056	—
3. „	144	nach 1 Minute	**0,0080**	**0,0029**
4. „	130	„ 1 „	0,0066	0,0024
5. „	85	„ 1¼ „	0,0059	0,0022
6. „	62	„ 2¾ „	0,0069	0,0025
Nachharn:				
7. Viertelstunde	52	keine Reaktion	0,0048	—
8. „	44	keine Reaktion	—	—

Versuch XVII.

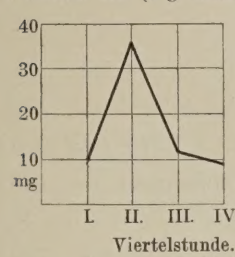
3 g glukoseschwefligsaures Natrium (0,64 g SO_2) in Oblate mit 0,5 g Salzsäure (Wiederholung des Versuches XVI).

Versuchsperson F. 29. X. 1907.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2
Vorharn	—	keine Reaktion
Versuchsharn:		
1. Viertelstunde	33	keine Reaktion
2. „	47	nach 1 Minute
3. „	60	„ 20 Sekunden
4. „	90	„ 45 „
5. „	100	„ 1¼ Minuten
6. „	57	„ 2 „
7. „	48	„ 12 „
8. „	25	keine Reaktion

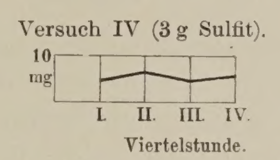
Graphische Darstellung der Baryumsulfat-Mengen, die nach Einnahme von schwefligsaurem Natrium, formaldehydschwefligsaurem Natrium und glukoseschwefligsaurem Natrium in den Versuchen III—XIII und XVI im Destillat des Harns erhalten wurden.

(Die gestrichelten Teile der Kurve geben an, daß die Reaktion auf SO_2 im Harn negativ, die ausgezogenen Teile, daß die Reaktion positiv ausgefallen war.)

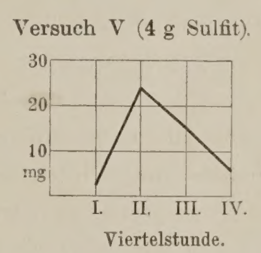
Versuch III (4 g Sulfit).



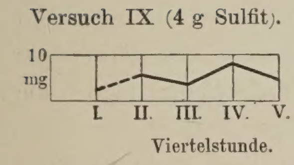
Versuch IV (3 g Sulfit).



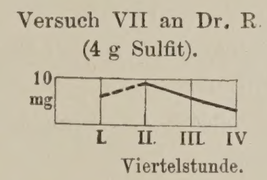
Versuch V (4 g Sulfit).



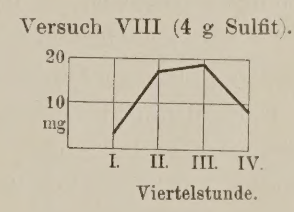
Versuch VI (4 g Sulfit).



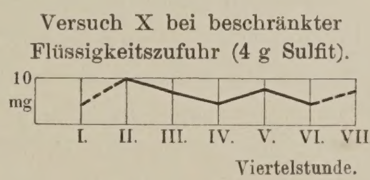
Versuch VII an Dr. R. (4 g Sulfit).



Versuch VIII (4 g Sulfit).

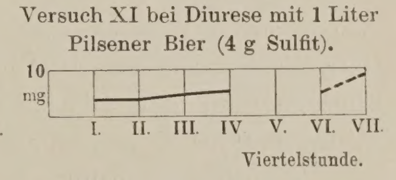


Versuch IX (4 g Sulfit).

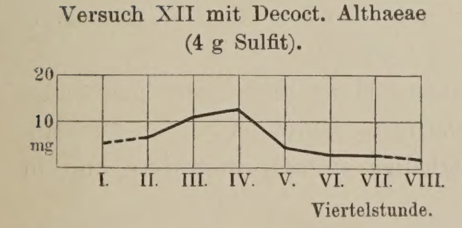


Versuch X bei beschränkter Flüssigkeitszufuhr (4 g Sulfit).

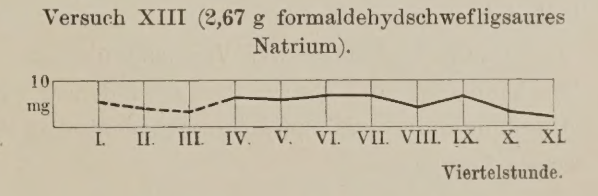
Versuch XI bei Diurese mit 1 Liter Pilsener Bier (4 g Sulfit).



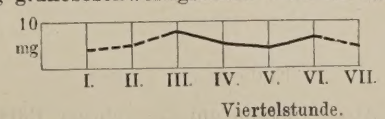
Versuch XII mit Decoct. Althaeae (4 g Sulfit).



Versuch XIII (2,67 g formaldehydschwefligsaures Natrium).



Versuch XVI (3 g glukoseschwefligsaures Natrium mit 0,5 g Salzsäure).



hin, daß auch im Organismus die Geschwindigkeit des Komplexzerfalles des Glukosesulfits durch Säure eine Verzögerung erleidet. Diejenigen Mengen Salzsäure jedoch, mit denen bei den übrigen Versuchen im Magen zu rechnen war, haben eine Verschiedenheit in dem Verhalten des glukoseschwefligsauren Natriums von dem des neutralen schwefligsauren Salzes nicht hervorzubringen vermocht.

Die Versuche mit den gebundenen schwefligen Säuren lassen demnach eine ursächliche Beziehung zwischen der Konstitution ihrer Lösungen und ihrem Verhalten im Organismus erkennen und erweisen somit von neuem die große Bedeutung der Kenntnis von den physikalisch-chemischen Eigenschaften dieser Verbindungen für ihre pharmakologische Beurteilung.

Zusammenfassung.

1. Aus dem Auftreten flüchtiger Schwefelverbindungen im Harndestillat nach Einnahme von Sulfiten darf ohne weiteres nicht auf das Vorhandensein von schwefliger Säure geschlossen werden, da auch unter normalen Verhältnissen bei der Destillation von angesäuertem menschlichen Harn solche Verbindungen noch zum Teil unbekannter Natur, die durch fortdauernde Zersetzung von nichtflüchtigen Schwefelverbindungen entstehen, in das Destillat übergehen.

2. Da sich für diese Schwefelverbindungen ein normaler Wert auch nicht annähernd feststellen läßt, so muß man sich bei der Bestimmung von schwefliger Säure im Harn darauf beschränken, die flüchtigen Schwefelverbindungen insgesamt durch Destillation zu bestimmen und gleichzeitig nachzuweisen, daß der betreffende Harn die Reaktion auf schweflige Säure gibt.

3. Auch beim Menschen wurde wie beim Tier (Hund) der weitaus größte Teil der in den Magen eingeführten schwefligen Säure als Sulfat wiedergefunden; wenn man besondere Vorsichtsmaßregeln anwendet — Untersuchung in Zwischenräumen von einer Viertelstunde oder 10 Minuten — läßt sich das Vorhandensein von schwefliger Säure im Harn nach Sulfiteinnahme nachweisen. In keinem Falle betrug jedoch die wiedergefundene Menge mehr als 1 % der zugeführten schwefligen Säure.

4. Auch bei Einhaltung verschiedener Versuchsbedingungen (Enthaltung von Flüssigkeitsaufnahme, sehr gesteigerte Wasserzufuhr, gleichzeitige Aufnahme eines die Wasserresorption im Darm verzögernden Mucilaginosums usw.) blieben diese Werte unverändert und gleich niedrig.

5. Die Ergebnisse der Versuche über die Ausscheidung der schwefligen Säure bei Einnahme von Salzen der gebundenen schwefligen Säuren stehen in Übereinstimmung mit ihrem physikalisch-chemischen Verhalten in rein wässeriger und in saurer Lösung.

Ende des 1. Heftes.

Abgeschlossen am 22. Februar 1908.

Fortsetzung auf Seite 4.

21. F. Koske, Untersuchungen über Schweinepest.
22. Ergebnisse der Weinstatistik für 1904. Einleitung. Von Dr. A. Günther. Berichte der staatlichen Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der statistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
23. Ergebnisse der Moststatistik für 1905. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kais. Gesundheitsamte.
24. Dr. E. Baur und Dr. H. Barschall, Beiträge zur Kenntnis des Fleischextraktes.
25. Dr. E. Baur und Dr. E. Polenske, Über ein Verfahren zur Trennung von Stärke und Glykogen.

Fünfundzwanzigster Band. — Mit 2 Tafeln und Abbildungen im Text. — Preis M. 20,—.

1. Dr. Tjaden u. Baurat Graepel, Die Bremischen Abwässer und ihre Beseitigung. Gutachten der Deputation für das Gesundheitswesen und der Baudeputation, Abt. Straßenbau. Mit 2 Tafeln.
2. Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung. XIX. Gutachten des Reichsgesundheitsrates, betr. die Reinigung der Kanalisationswässer der Stadt Bad Harzburg in einer nach dem biologischen Verfahren eingerichteten Kläranlage und die Einleitung der gereinigten Abwässer in die Radau. Berichterstatter: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Loeffler, Mitberichterstatter: Geh. Regierungsrat Dr. Kerp.
3. Dr. R. Lauterborn, Bericht über die Ergebnisse der vom 2.—14. Okt. 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheines auf der Strecke Basel-Mainz.
4. Dr. Marsson, Bericht über die Ergebnisse der vom 14.–21. Okt. 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheines auf der Strecke Mainz bis Coblenz.
5. Dr. F. Neufeld u. Dr. Hüne, Untersuchungen über bактericide Immunität und Phagocytose nebst Beiträgen zur Frage der Komplementablenkung.
6. Dr. W. Gaehtgens, Über die Bedeutung des Vorkommens der Paratyphusbazillen (Typus B).
7. Dr. G. Neumann, Blasenkatarrh bei leichtem Unterleibstyphus.
8. Dr. Klinger, Die Untersuchungen der Straßburger bakteriologischen Anstalt für Typhusbekämpfung in der Zeit vom 1. Okt. 1903 bis 30. Sept. 1905.
9. Dr. W. Gaehtgens, Beitrag zur Agglutinationstechnik.
10. Dr. H. Kayser, Über Untersuchungen bei Personen, die vor Jahren Typhus durchgemacht haben, und die Gefährlichkeit von „Bazillenträgern".
11. Dr. O. Kurpjuweit, Über den Nachweis von Typhusbazillen in Blutgerinnseln.
12. Dr. E. Levy und Dr. W. Gaehtgens, Der Typhusbazillus in Bakteriengemischen.
13. Dr. Fornet, Zur Frage der Beziehungen zwischen Typhus und Paratyphus.
14. Dr. E. Levy und Dr. W. Gaehtgens, Über die Beziehungen des Paratyphus zum Typhus.
15. Dr. E. Levy und Dr. H. Kayser, Befunde bei der Autopsie eines Typhusbazillenträgers. — Autoinfektion. — Über die Behandlung der Leiche.
16. Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung. XX. Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller. Berichterstatter: Geh. Reg.-Rat Dr. Ohlmüller, Mitberichterstatter: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. C. Fränkel, Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Gaffky. Unter Mitwirkung von: Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Keller, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Orth u. Prof. Dr. Hofer.
17. Gutachten des Reichsgesundheitsrats über das Auftreten des Milzbrandes unter dem Rindvieh im Schmeiegebiet und über den Zusammenhang dieses Auftretens mit der Verunreinigung des Schmeiebaches durch Abwässer von Gerbereien in der Stadt Ebingen. Berichterstatter: Geh. Hofrat Prof. Dr. Gärtner, Mitberichterstatter: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Dammann.
18. Dr. Xylander, Beiträge zur Desinfektion von milzbrandhaltigen Häuten.
19. Dr. W. Lange, Untersuchung von Samen der Mondbohne, Phaseolus lunatus L.
20. R. Gonder, Beitrag zur Lebensgeschichte von Strongyloiden aus dem Affen und dem Schafe.
21. Dr. J. Neufeld und Dr. v. Prowazek, Untersuchungen über die Immunitätserscheinungen bei der Spirochaetenseptikämie der Hühner und über die Frage der Zugehörigkeit der Spirochaeten zu den Protozoen.
22. Dr. E. Polenske, Über den Wassergehalt im Schweineschmalz.

Sechsundzwanzigster Band. — Mit 10 Tafeln und Abbildungen im Text. — Preis M. 29,—.

1. Dr. Uhlenhuth u. Dr. Haendel, Vergleichende Untersuchungen über die Spirochaeten der in Afrika, Amerika und Europa vorkommenden Rekurrenserkrankungen. Mit 1 Tafel.
2. Dr. Fr. Schaudinn, Zur Kenntnis der *Spirochaeta pallida* und anderer Spirochaeten. (Aus dem Nachlaß Schaudinns herausgegeben von Dr. M. Hartmann und Dr. S. v. Prowazek.) Mit 2 Tafeln.
3. Von der unter Leitung des Geheimen Medizinalrates Professor Dr. A. Neißer nach Java veranstalteten Expedition zur Erforschung der Syphilis:
   Dr. S. v. Prowazek, Vergleichende Spirochaetauntersuchungen. Mit 1 Tafel. — Dr. S. v. Prowazek, Untersuchungen über Hämogregarinen. Mit 1 Tafel. — L. Halberstaedter und S. v. Prowazek, Untersuchungen über die Malariaparasiten der Affen. Mit 1 Tafel. — L. Halberstaedter und S. v. Prowazek, Über Zelleinschlüsse parasitärer Natur beim Trachom. — Dr. L. Halberstaedter, Weitere Untersuchungen über Framboesia tropica an Affen.
4. Dr. S v. Prowazek, Untersuchungen über die Vaccine III.
5. Dr. Xylander, Versuche mit einem neuen Formalin-Desinfektionsverfahren „Autanverfahren".
6. Dr. Th. Paul u. Dr. Fr. Prall, Die Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln mit Staphylokokken, die bei der Temperatur der flüssigen Luft aufbewahrt wurden.
7. Dr. A. Kraus, Untersuchungen über Desinfektionsmittel. I. Das hydrindensulfosaure Natrium als Lösungsmittel für Kresole. — II. Über die Wirkung einiger Desinfektionsmittel bei niederer Temperatur (Frostwetter).
8. Dr. Bickel und Dr. A. Kraus, Versuche über die desinfizierende Wirkung von Saprol-Leinölkresol- und Petroleumkresol-Präparaten auf flüssiges infektiöses Material.
9. Dr. Xylander, Desinfektionsversuche mit zwei neueren Formaldehydpräparaten Festoform und Formobor.
10. Dr. Hüne, Untersuchungen über Bakterizidie im Reagensglase.
11. Dr. W. Gaethgens, Erfahrungen über den Wert der Gruber-Widalschen Reaktion für die Typhusdiagnose.
12. Dr. W. Kerp u. Dr. E. Baur, Zur Kenntnis der gebundenen schwefligen Säuren. II. Abhandlung. — III. Abhandlung: Über glukoseschweflige Säure.
13. Dr. W. Kerp u. Dr. E. Baur, Über die elektrolytische Dissoziationskonstante der schwefligen Säure.
14. Dr. F. Stuhlmann, Beiträge zur Kenntnis der Tsetsefliege (*Glossina fusca* u. *Gl. tachinoides*). Mit 4 Tafeln.
15. Dr. M. Pleißner, Über die Löslichkeit einiger Bleiverbindungen im Wasser.
16. Dr. Ed. Polenske, Über den Nachweis einiger tierischer Fette in Gemischen mit anderen tierischen Fetten.
17. Dr. P. Waentig, Die Peroxydasereaktionen der Kuhmilch mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung zum Nachweise stattgehabter Erhitzung der Milch.
18. Dr. Neufeld und Dr. Haendel, Beitrag zur Beurteilung der El Tor-Vibrionen.

Siebenundzwanzigster Band. — Mit 6 Tafeln und Abbildungen im Text. — Preis M. 30,—.

1. Ergebnisse der amtlichen Weinstatistik. Berichtsjahr 1905/1906. Teil I. Weinstatistische Untersuchungen. Einleitung. Von Dr. A. Günther. — Berichte der Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der weinstatistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte. Teil II. Moststatistische Untersuchungen. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
2. Dr. Fr. Auerbach u. Dr. H. Barschall, Studien über Formaldehyd. II. Mitteilung. Die festen Polymeren des Formaldehyds.
3. Dr. Uhlenhuth und Dr. Groß, Untersuchungen über die Wirkung des Atoxyls auf die Spirillose der Hühner.
4. Dr. Uhlenhuth, Dr. Hübener und Dr. Woithe, Experimentelle Untersuchungen über Dourine mit besonderer Berücksichtigung der Atoxylbehandlung. Mit 4 Tafeln.
5. Dr. R. Gonder, Atoxylversuche bei der Piroplasmose der Hunde.
6. Dr. F. Neufeld und Dr. Bickel, Über cytotoxische und cytotrope Serumwirkungen.
7. Dr. Manteufel, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Rekurrensspirochaeten und ihrer Immunsera.
8. Dr. C. Schellack, Morphologische Beiträge zur Kenntnis der europäischen, amerikanischen und afrikanischen Rekurrensspirochaeten. Mit 1 Tafel.
9. Dr. Th. Carnwath, Zur Ätiologie der Hühnerdiphtherie und Geflügelpocken.
10. Dr. Th. Carnwath, Zur Technik der biologischen Untersuchung kleinster Blutspuren.
11. Dr. R. Gonder, Studien über die Spirochaete aus dem Blute von Vesperugo Kuhlii, Keys. u. Blas. (Natterer). Mit 1 Tafel.
12. Dr. F. Neufeld, Über die Ursachen der Phagocytose.
13. Dr. Uhlenhuth, Dr. Hübener, Dr. Xylander und Dr. Bohtz, Untersuchungen über das Wesen und die Bekämpfung der Schweinepest.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.